



TITLE:

樹木の肥大成長の縦斷的配分

AUTHOR(S):

尾中, 文彦

CITATION:

尾中, 文彦. 樹木の肥大成長の縦斷的配分. 京都大学農学部演習林報告
1950, 18: 1-53

ISSUE DATE:

1950-03-31

URL:

<http://hdl.handle.net/2433/191270>

RIGHT:

樹木の肥大成長の縦斷的配分

故 尾 中 文 彦

The Longitudinal Distribution of Radial Increments in Trees

By

Late Fumihiko ONAKA.

目 次

	頁
緒 言	2
第1節 從來の研究	2
第2節 年輪幅及び面積の高さによる變化	4
第3節 肥大成長の縦斷的配分に關する實驗例	11
第4節 考 察	35
第5節 樹木に於ける成長素の分布	42
摘 要	46
文 献	49
Résumé	52

緒 言

樹木の材部は年々の成長層が累積して増加するものであるが、成長層の厚さは部分によつて必ずしも一様でなく、一本の幹に於ても年輪幅は高さによつて相違する。年輪幅が幹の基部に向つて大であれば其幹形は梢殺となり、頂部に向つて大であれば完満な形に近附く。本報は此様な相違が如何なる關係によつて生ずるかを實驗的に考察したものである。

第 1 節 従 來 の 研 究

幹に於ける年輪幅が縦斷的にどの様な配置をとるかと言う事は古い問題である。記載をたどると BRAVAIS 及び MARTIN (1842) が 4 本の *Pinus silvestris* の根際と梢端に於ける年輪幅を比較し、2 本は頂部に、2 本は基部に大なる事を見たが、結局上下による差がないものとなし、TH. HARTIG (1851) は鬱閉せる林内の *Buche* の年輪幅は頂部に向つて廣く、胸高部附近の 2 ~ 3 倍にもなると稱している。³⁶⁾ 又 WIGAND (1854) は *Buche* の幼齡木にて測定せる結果では高さにより殆んど差がないと記載し、NÖRDLINGER (1860) は散見する材料にては一定の傾向が認められぬとし、其後 (1868) 多くの潤葉樹の資料によつて鬱閉せる林内のものは年輪幅が基部より頂部に向い増加し、孤立状態にあるものは頂部より基部に向つて廣くなり、鬱閉せるものが急に疎立状態になるとその成長配置に轉換が起ると述べている。之に對し HUGO VON MOHL (1869) は針葉樹を材料として調査せるところにより、成長の如何によらず年輪幅は常に頂部に向つて増加する傾向があるとしたが、NÖRDLINGER (1870) は更に種々の状態に於ける針葉樹に就て之を再検討し、VON MOHL の所説は鬱閉状態の場合に當てはまるもので、孤立状態にある場合には年輪は常に基部に向つて廣くなる事前述の潤葉樹の場合と變るところはないとした。PRESSLER (1865) は直徑成長は枝下の部分に於て常に上方に向い増加し、樹冠内では各部略々同様であるが、面積成長に就て見ると上部に存する葉の能力に比例し、枝下では變化なく、樹冠内では先端に向い枝を分つ毎に狭くなるとしている。R. HARTIG (1869) は *Weymouthskiefer* に就て被壓状態にあるものは基部に向つて年輪次第に狭く、遂に之を缺き、基部にて成長を停止する事 7 年に及ぶ例を認め、更に彼 (1871) は種々の生育状態にある針葉樹及び潤葉樹に就て多數の資料を集め、次の様な結果に到達した。即ち樹冠内にあつては幹の面積成長は頂部より下部へ増加するが、年輪幅は各部同様であるか、又は幹形の梢殺の程度により或は頂部に向つて大となり、或は基部に向つて大となる。枝下の部分にあつては各部の面積成長は同様であるが、年輪幅は基部に向つて幹の直徑の増すに従い小となる。尤も之は鬱閉状態にて生育し、枝の發達が側方より壓迫される如き形にある樹木に就て言い得る事であつて、被

壓状態の下にあり、樹冠の發達が著しく劣る樹木に於ては面積成長は常に頂部より基部に向つて減少し、直徑成長も勿論之に従い、甚しい場合には基部に年輪の形成を缺くに至る。又疎立状態にあつて樹冠の發達が側方よりも阻害される事なく、幹の基部近く迄生枝を有する樹木に於ては頂部より基部に向つて常に面積成長を増加し、年輪幅も基部に向い直徑が大となるにも拘らずなお増加する傾向がある。此様に直徑成長と面積成長には異なる傾向があるが、彼は成長量の配分を考えるには後者によるのが適當であると述べている。

上述の如き高さによつて成長の相違を來す理由に關しても古くより種々の説が行われている。VON MOHL (1869) は二つの理由を挙げ、一は春季成長の開始が幹の頂部より初まるから頂部の方が基部に比べて成長期が長い事により、一は基部に於て樹皮が厚く其機械的壓迫の大なる事によつて基部に向い年輪幅が狭くなるもので、鬱閉の程度等には關係しないとしている。之に對して R. HARTIG (1871) は榮養の關係に重點を置いた。すなわち成長に與る構成物質は葉より韌皮部を通じて下降するが、樹冠内にあつては下るに従て枝より下降するものを併せて次第に増加し樹冠の最下部にて其量は最も多くなり、其附近に成長も最大となる。枝下部の幹にあつては構成物質が新に加わらないから増加する事なく、従て成長量も殆んど變化しないが、孤立状態にあつて生枝が低く迄存在する樹木では構成物質も多く、幹全體が樹冠部に相當する如き形をなし、成長は基部に向つて常に増加の傾向を失わない。逆に林内にて被壓状態にあり、樹冠の發達の不良なる樹木では構成物質が少く、幹を下降するに従て夫が消費され、次第に成長も減退し、甚しい場合には構成物質の缺乏の結果基部に年輪を缺くに至ると述べている。此様に著しい被壓状態にあるものは別として、多くの樹木は根際に近い部分に年輪幅の廣くなる傾向がある。此事は既に TH. HARTIG (1851)⁶⁶⁾、NÖRDLINGER (1868, 1870) 等も認めており、VON MOHL (1869) は之に就て幹を下降する營養液が側根に移る際其通路が屈曲し、更に根の成長が土壤の抵抗によつて制限されるから根際に營養液が停滯するによると述べている。又 R. HARTIG (1871) は幹より根に移る際、根は細かく分岐するから根の韌皮部の面積は夫程小とならず其處に構成物質の移動が妨げられるとは思われないが、春季土壤の溫度上昇がおくれるために根の成長開始が幹よりおくれ、其際構成物質が根際に停滯する事はあり得ると考えている。根際に成長の大なる傾向は老木等にて地上相當高い部分に迄及ぶ事があり、彼は之に關して根にて吸收せる礦物養分及び窒素の一部分は根に近い基部にて樹冠部より來る炭水化合物と結合して蛋白質態となり其附近の形成層の活動を促すによるとも述べている。併し此様に頂部に成長の大なる場合に對しては同化物質の關係によるものとなし、基部に成長の優る場合に就ては土壤養分に支配されるものであるとする事はあまりに御都合主義な説明であらうと SCHWARZ (1899) の非難せるところである。

ともあれ營養物質の存在によつて局所的に成長が促されるとの考えは當時と雖も異論があり、PFEFFER(1897)の如きは營養物質の轉流は消費並びに蓄積に對する要求に従うとの見解をとつていた。此處に成長の分配を支配する條件として別の考えを抱いていたものに SCHWENDNER (1874)⁵⁷⁾がある。彼は幹は彎曲に際して各部が殆んど同一の抵抗を示す如き形をなすと見、更に年々の成長層も此關係に従つて増加すると稱した。此考えは METZGER (1908) によつて繼承され、成長配分の種々の場合の説明に適用された。SCHWARZ (1899) も *Pinus silvestris* の幹形の研究によつて此説を肯定し、形成層に加わる縦壓が其活動を刺戟すると述べている。縦壓刺戟の説は R. HARTIG (1901), ENGLER (1918) 等によつて偏心成長の説明にも用いられた。併し此説も其後多くの實例に就て吟味せられ、根際及び樹冠内の幹形には適合し難く、又濶葉樹の場合にはあまり當てはまらないとされている。⁴⁾ 尙類似の説として HOHENADL (1924) が幹の各横斷面は上部の荷重による壓力に對し同一の抵抗を示す斷面積を有するとの説をなした事があり、又 LEON (1915) は根際にて年輪の廣くなる理由を力學的に考察している。

また JACCARD (1916) は *Fichte* の幹形の實測値によつて METZGER の説を排し、幹の各部は寧ろ水分通導能力に於て同一の形をとるものであると稱し、水分通導の要求のあるところに成長が促されるとした事がある。先に R. HARTIG 及び WEBER (1888) が *Rotbuche* の幹の導管數に就て 1 年輪に存するその數は枝下の各斷面を通じて同一であるとした事はあるが、導管は材の組織の一部に過ぎず、成長輪の面積と通導組織の面積は比例するわけではない。

肥大成長に對し芽の伸長が影響する事は既に JOST (1893) によつて認められていたが、其後成長素の發見と共に夫が伸長せる芽に生じ下降して形成層の活動を促す事が SNOW (1933), SÖDING (1936) 等によつて確かめられ、MÜNCH (1938) は之に従て成長素が肥大成長の配分を支配すると論じた。又 TOPCUOGLU (1940) は被壓木に於て年により成長の配分状態を異にし、旱魃の年には成長が基部に偏る傾向がある事を見出し、之は水分の缺乏に際して土壤養分の吸収が減じ、同化物質が上部にて消費されずして下降するからであると考察している。

第 2 節 年輪幅及び面積の高さによる變化

肥大成長の縦斷的配分に就て上述の如く種々の事が言われているが、筆者は京都大學演習林上賀茂試験地に於ける約 30 年生のアカマツを材料として其傾向を調査してみた。第 1 表は此中の代表的な例を示したものである。

第 1 表 年輪幅及び面積の高さによる相違

アカマツ No. 5. 鬱閉林内被壓木, 樹高 8m. 枝下高 5.75m.

高	さ	m	0.1	1.1	2.1	4.1	6.1
直 徑	mm.	1941	56	51	44	40	24
年 輪 幅	mm.	1938	0.40	0.42	0.64	0.73	1.50
		1939	0.20	0.27	0.25	0.33	1.05
		1940	0.17	0.21	0.24	0.34	1.25
		1941	0.30	0.28	0.29	0.51	1.10
年輪面積	mm ² .	1938	69	64	87	85	72
		1939	34	42	34	39	59
		1940	29	33	33	41	79
		1941	52	45	39	63	77

アカマツ No. 2. 疎林内優勢木, 樹高 9m. 枝下高 4.3m.

高	さ	m	0.1	1.1	2.1	4.1	6.1
直 徑	mm.	1941	112	86	81	68	54
年 輪 幅	mm.	1938	1.50	1.25	1.25	1.65	3.25
		1939	1.55	1.15	1.15	1.55	2.50
		1940	1.65	1.35	1.40	1.55	2.55
		1941	2.10	1.50	1.65	1.70	3.15
年輪面積	mm ² .	1938	471	300	278	296	351
		1939	501	284	265	293	314
		1940	550	344	333	309	362
		1941	725	396	409	356	503

アカマツ No. 15. 疎林内優勢木, 樹高 9.85m. 枝下高 5.35m.

高	さ	m	0.1	1.1	2.1	3.1	4.1	5.1	6.1	7.1	8.1
直 徑	mm.	1942	116	96	86	82	74	69	66	46	33
年 輪 幅	mm.	1940	3.16	2.76	2.39	2.39	2.56	3.01	4.01	4.15	3.56
		1941	4.15	3.83	3.35	3.19	3.15	3.45	4.20	4.93	5.14
		1942	4.29	3.85	3.39	3.20	3.06	3.34	4.11	4.59	4.65
年輪面積	mm ² .	1940	945	673	529	504	473	494	571	297	121
		1941	1340	1021	798	728	641	638	707	495	316
		1942	1502	1115	882	792	680	691	797	598	429

アカマツ No. 25. 林縁木, 樹高 8.5m. 枝下高 4m.

高	さ	m	0.1	1.1	2.1	3.1	4.1	5.1	6.1	7.1
直 徑	mm.	1942	120	85	73	67	57	51	39	20
年 輪 幅	mm.	1941	4.48	2.30	2.05	2.28	2.38	3.44	3.48	2.72
		1942	3.88	2.90	2.53	2.62	3.12	3.66	4.03	3.60
年輪面積	mm ² .	1941	1513	555	426	426	460	439	294	—
		1942	1412	747	561	529	526	550	436	195

アカマツ No. 16. 鬱閉林内中庸木, 樹高 9.7m. 枝下高 6.4m.

高	さ	m	0.1	1.1	2.1	3.1	4.1	5.1	6.1	7.1	8.1
直 径	mm.	1942	79	66	63	61	59	53	46	35	22
年 輪 幅	mm.	1940	1.60	1.49	1.50	1.43	1.53	2.01	2.71	3.13	2.74
		1941	1.68	1.59	1.35	1.34	1.64	2.03	2.78	3.65	3.39
		1942	2.03	1.71	1.53	1.54	1.71	1.90	2.39	2.66	2.39
年輪面積	mm ² .	1940	351	271	263	245	245	271	279	191	66
		1941	391	304	248	240	277	304	338	299	147
		1942	496	341	299	290	303	305	329	269	148

アカマツ No. 21. 鬱閉林内中庸木, 樹高 9.0m. 枝下高 5.5m.

高	さ	m	0.1	1.1	2.1	3.1	4.1	5.1	6.1	7.1
直 径	mm.	1942	80	63	60	60	51	46	38	31
年 輪 幅	mm.	1941	1.64	0.93	0.87	1.08	1.39	1.84	3.57	4.03
		1942	0.63	0.64	0.57	0.78	0.95	1.28	1.95	2.68
年輪面積	mm ² .	1941	253	176	158	193	208	244	341	277
		1942	155	125	106	144	149	179	220	241

アカマツ No. 26. 鬱閉林内中庸木, 樹高 8.7m. 枝下高 5.5m.

高	さ	m	0.1	1.1	2.1	3.1	4.1	5.1	6.1	7.1
直 径	mm.	1943	71	55	53	50	46	39	32	24
年 輪 幅	mm.	1942	1.67	1.15	1.35	1.72	1.99	2.04	2.77	3.04
		1943	1.46	1.12	1.30	1.54	1.70	1.80	2.30	3.20
年輪面積	mm ² .	1942	350	188	210	242	251	218	217	141
		1943	320	189	213	237	234	218	217	211

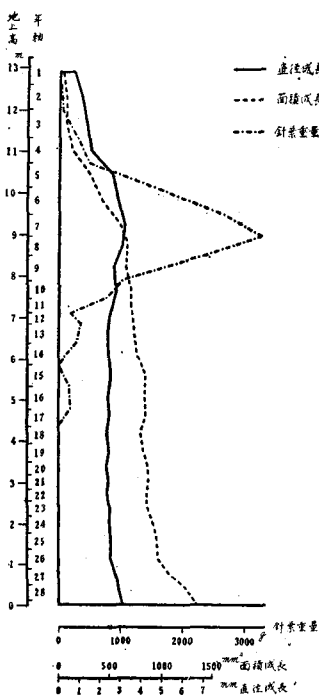
之等の結果によつて見ると鬱閉状態を保つて中庸の成長をなせる林木にあつては幹の年輪幅は一般に頂端より下に向つて増加し、樹冠内のある部分にて最大に達する。その最大の部分は3・4年軸より6・7年軸に互り個體によつて變動があるが、一般に葉の量の最も多い枝階の附近、或はそれより稍々上方にある。樹冠の下部は枝の伸長も次第に劣り、又枯死脱落するものが増して、長大なる枝があるにも拘らず新しい葉を生ずる事が比較的少くなる。かゝる部分の枝にはその基部に年輪の形成を缺くものがある事が知られているが、此附近より下に向つて幹の年輪幅も次第に狭くなる傾向が現れ、枝下部に互つて其傾向が續き、地上或高さにて最小となり、根際に向つて再び増加する。其最小の部分は大概地上1・2mより3・4mの附近にあるが、個體により、又年によつて變動がある。

被壓状態にあつて樹冠の發達の不良なものに於ては頂部2・3年軸附近の年輪が最も廣く、それより下方に向つて急に狭くなり、枝下部を通じて減少し、基部に近く部分的に年輪の形成を缺く例

さえ珍らしくない。而して根際にて再び廣くなる傾向はあるが、著しくはない。之に對して樹冠の發達の良好な優勢木又は林縁にある樹木では年輪幅は頂端より3・4年輪附近に迄急に大となり、それより下へ更に多少増加するか或は同様の値を保ち、枝下部にあつても殆んど減少する事なく、根際に於て急に廣くなる傾向がある。又孤立狀態にて成長し、幹の基部迄枝が残り、且それ等の下枝がよく伸長を續けている様なものに於ては年輪幅は頂部より基部に至る迄常に増加の傾向を示し、根際に特に其傾向が著しくなる。

之を年輪の面積に就て見ると、勿論上述の如き年輪幅の變化に従うが、又各部の直徑に支配され、頂端より基部に向つて幹の直徑の増加する状態は個體によつて相違するから、年輪面積の配分は年輪幅の配分と必ずしも平行的な關係を示さない。一般に鬱閉林内にあつて中庸の成長をなせるものの年輪面積は樹冠の頂部より下方へ枝階の加わる毎に増加し、枝下部にて多少減少する事もあるが殆んど變らず、根際に急に大となる。之を年輪幅の曲線に對比すると樹冠内の最大點は年輪幅の夫よりも幾分低いところに現れ、枝下部に於ける最小點は年輪幅の夫よりも遙に高いところに来る傾向がある。尤も被壓木にして樹冠の小さなものでは樹冠の下部より枝下部を通じて年輪面積も常に減少し、根際に再び増加する傾向が少なくなるから枝下の最小點は略々一致する。又林縁木、孤

第1圖 肥大成長の縦斷的配分と針葉の分布（アカマツ30年生）



立木の如く樹冠が大きく、幹の低い部分迄枝を有するものでは年輪面積は常に基部に向つて増加し、枝下に最小點をもたない。第1圖は上賀茂試験地の林内に於て成長良好な例に就き馬淵氏が肥大成長の配分と樹冠の針葉の分布状態を對比したもの、第2圖は三次營林署大土山國有林に於て調査した孤立木、林縁木、林内の成長中庸なもの及び被壓木の資料中典型的な例を比較したものである。

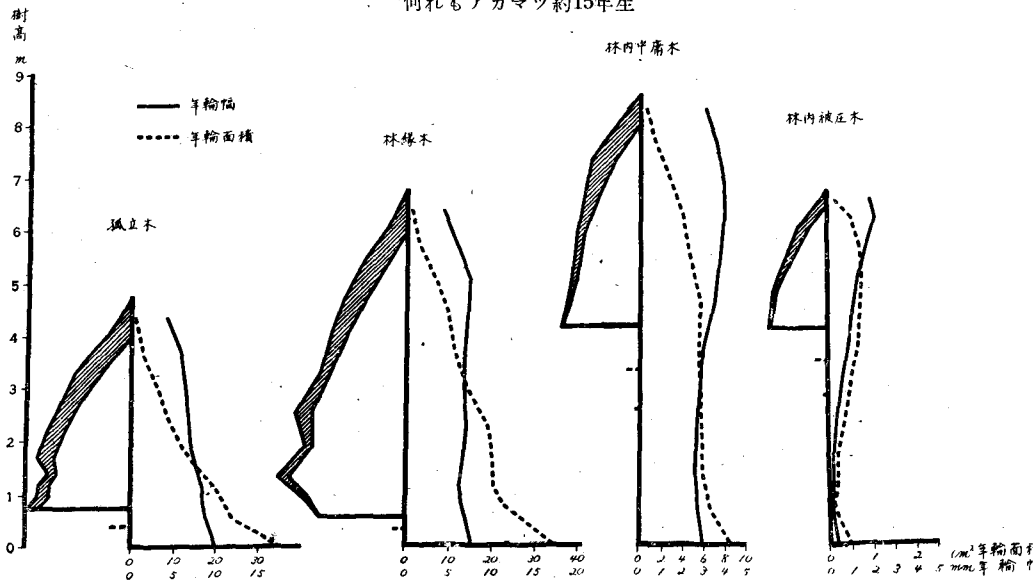
鬱閉状態をなせる林木は成長と共に下部の枝を落し樹冠が次第に上部に移るから、幹に於ける肥大成長の縦斷的配分も之に従て變化し、年輪幅及び年輪面積の最大、最小の點も移動する。一般に幼時は幹の基部迄枝を有し、年輪幅も年輪面積も基部に向つて常に大であるが、下枝の脱落が初まると共に其部分より下へ年輪幅の減少を見、枝下高が大となるに従て樹冠内と根際に於て最大を示し、その間に一の最小點を生ずる傾向が明瞭になつてくる。而してこの最小點は枝下高の大となるに伴つて或程度迄高くなる傾向はあるが、しかし

之は枝下高に比例するわけではなく、又年によつて變動があるのが認められる。第2表及び第3は之等の例を示したものである。

第2圖 年輪の縦斷的配分

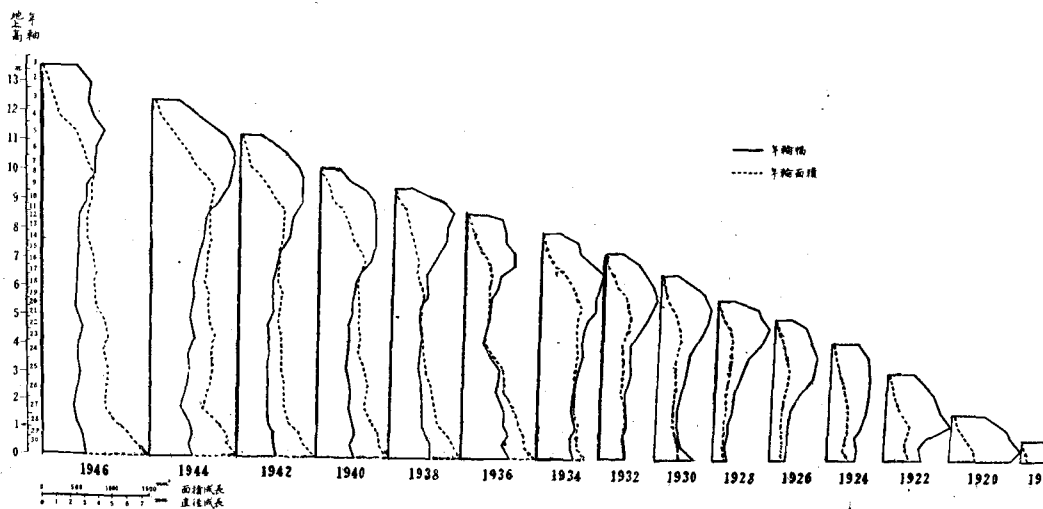
左側斜線の外縁は樹冠の外廓を示し、斜線は各階の最長枝に於ける當年度伸長量を示す

何れもアカマツ約15年生



第3圖 年輪幅及び年輪面積の縦斷的配分の變化

(アカマツ32年生)



第 2 表 年輪の縦斷的配分の變化

アカマツ No. 35. 年輪幅, 單位 mm.

高 さ m	0.1	1.1	2.1	3.1	4.1	5.1	6.1	7.1	8.1	9.1
1926	2.40	2.20	2.50	2.90						
1927	2.10	2.00	2.55	2.75						
1928	2.40	2.10	2.35	2.65	2.90					
1929	2.00	1.80	2.00	2.50	3.25					
1930	1.85	1.75	1.90	2.30	3.55					
1931	2.15	2.00	2.00	2.25	3.45	3.50				
1932	2.50	2.20	2.15	2.10	2.70	3.20				
1933	2.10	1.90	2.00	2.20	2.65	3.55	3.25			
1934	2.50	2.00	1.95	2.00	2.60	3.60	3.70			
1935	2.75	2.65	2.50	2.40	2.35	2.55	2.80	2.45		
1936	2.25	2.15	2.00	1.75	1.75	2.45	2.30	2.05		
1937	3.10	2.80	2.70	2.50	2.60	2.75	3.00	2.85	2.40	
1938	3.00	2.55	2.35	2.25	2.15	2.55	2.75	2.50	2.30	
1939	2.25	2.10	1.90	1.85	1.90	2.10	2.60	2.70	2.75	
1940	2.90	2.75	2.75	2.65	2.65	2.80	3.05	2.95	3.10	
1941	3.50	3.35	3.15	3.35	3.40	3.60	3.80	4.00	4.25	3.70
1942	4.10	3.80	3.50	3.40	3.35	3.65	3.80	4.00	3.75	3.65
1943	3.85	3.30	3.10	3.10	3.25	3.35	3.75	4.00	4.60	5.00
1944	3.65	3.30	3.10	2.90	2.95	3.25	3.40	4.10	4.55	5.40

同 上 年輪面積, 單位 mm².

高 さ m	0.1	1.1	2.1	3.1	4.1	5.1	6.1	7.1	8.1	9.1
1926	308	237	210	172						
1927	300	242	240	212						
1928	376	218	257	209	99					
1929	341	258	246	269	174					
1930	338	270	257	257	266					
1931	420	332	295	291	334	181				
1932	525	423	345	313	314	233				
1933	471	367	347	324	353	334	155			
1934	597	400	323	349	389	420	257			
1935	702	582	449	452	354	346	252	107		
1936	610	505	448	352	309	371	244	118		
1937	788	701	629	356	495	462	368	208	77	
1938	914	681	651	516	441	471	387	225	108	
1939	723	592	414	448	414	447	409	253	172	
1940	978	817	749	680	544	595	534	360	251	
1941	1159	1059	917	922	848	632	747	576	443	134
1942	1323	1287	1092	1008	907	1030	838	676	485	216
1943	1960	1191	1031	983	947	920	916	777	715	432
1944	1573	1260	1201	974	917	960	907	900	838	643

アカマツ No. 31. 年輪幅, 單位 mm.

高さ m	0.1	1.1	2.1	3.1	4.1	5.1	6.1	7.1	8.1	9.1
1923	5.25	4.65	5.20	4.65						
1924	5.00	4.00	4.10	4.40	3.40					
1925	4.15	3.60	4.50	4.95	4.40					
1926	2.80	2.50	3.00	3.35	3.95	3.05				
1927	2.55	2.10	2.05	2.65	3.20	2.45				
1928	3.35	2.90	3.10	3.75	4.30	3.10				
1929	2.65	2.30	2.65	3.35	3.75	3.75	2.90			
1930	2.85	2.60	2.60	2.75	3.45	4.70	4.05			
1931	3.00	2.80	2.75	3.35	4.40	5.25	5.60	3.25		
1932	4.10	3.80	3.80	3.95	4.60	5.00	5.00	4.45	1.65	
1933	5.60	4.20	4.10	3.95	4.25	4.55	5.40	5.65	2.25	
1934	3.80	3.25	3.25	3.25	3.90	4.35	4.60	5.25	5.15	
1935	5.10	3.80	3.45	3.15	3.00	2.85	3.25	3.70	3.60	2.60
1936	3.40	2.10	1.95	1.95	1.90	2.20	2.60	2.90	2.95	2.05
1937	3.70	2.60	2.40	2.50	2.65	2.75	3.20	3.75	4.25	4.05
1938	3.50	2.30	1.90	1.90	1.95	2.15	2.45	2.60	3.30	3.45
1939	2.65	2.20	1.90	1.70	2.10	2.35	2.95	3.15	3.60	3.60
1940	2.75	2.35	2.10	2.20	2.30	2.35	2.50	2.85	3.40	3.50
1941	3.45	3.00	2.50	2.45	2.80	3.10	3.60	4.00	4.40	4.70
1942	4.05	3.25	2.80	2.75	2.75	3.05	3.30	3.75	4.30	4.40
1943	3.70	3.30	3.25	3.15	3.30	3.35	3.45	3.60	3.75	4.20

同 上 年輪面積, 單位 mm².

高さ m	0.1	1.1	2.1	3.1	4.1	5.1	6.1	7.1	8.1	9.1
1923	1073	633	469	211						
1924	1057	481	463	325	97					
1925	1088	651	734	511	234					
1926	722	500	516	433	313	64				
1927	763	451	385	393	326	103				
1928	1065	549	632	631	539	184				
1929	892	560	588	510	565	303	92			
1930	1009	673	620	565	598	505	217			
1931	1117	772	702	753	871	728	470	91		
1932	1618	1127	1048	978	1041	855	586	233	49	
1933	1380	1351	1296	1077	868	914	809	475	102	
1934	1727	1122	1123	959	1071	996	834	621	303	
1935	2461	1396	1198	993	889	717	669	542	311	74
1936	1731	751	710	646	529	583	537	485	316	89
1937	1967	1039	907	810	860	778	772	705	551	253
1938	1940	955	744	680	661	641	635	541	506	296
1939	1520	944	766	628	739	734	814	712	630	389
1940	1624	1042	873	840	841	769	884	647	670	456
1941	1671	1451	1076	971	1069	1067	1136	978	975	734
1942	2548	1561	1252	1135	1098	1165	1112	1079	1070	813
1943	2418	1655	1515	1358	1380	1368	1107	1119	703	889

アカマツ No. 34. 年輪幅, 単位 mm.

高 さ m	0.1	1.1	2.1	3.1	4.1	5.1	6.1	7.1	8.1
1931	2.45	2.30	3.30	3.85					
1932	2.40	2.00	2.45	3.35	3.10				
1933	2.25	1.80	2.30	3.15	3.55				
1934	2.45	2.10	1.80	3.05	3.55	2.25			
1935	2.80	2.25	1.95	3.00	3.05	2.75			
1936	3.10	2.55	2.15	2.25	2.45	2.85			
1937	3.15	2.30	2.35	2.50	2.70	3.90			
1938	2.20	1.50	1.65	1.75	2.20	2.75			
1939	1.75	1.45	1.30	1.50	1.90	2.80	3.25	2.40	
1940	2.10	1.65	1.50	1.50	2.00	2.40	3.40	4.05	
1941	2.30	2.15	2.10	1.95	2.10	3.05	4.25	5.15	3.65
1942	2.70	1.90	1.75	1.80	2.00	2.50	3.15	3.75	3.85
1943	2.15	1.90	1.85	1.80	1.80	2.40	3.05	3.40	3.65
1944	2.55	2.15	2.05	1.95	2.05	2.10	3.00	3.70	3.85

同 上 年輪面積, 単位 mm².

高 さ m	0.1	1.1	2.1	3.1	4.1	5.1	6.1	7.1	8.1
1931	320	221	282	131					
1932	350	219	254	190	74				
1933	361	219	272	243	159				
1934	429	281	236	295	238	50			
1935	537	332	279	347	268	104			
1936	729	415	335	297	257	158			
1937	724	409	400	368	327	299			
1938	543	285	320	281	301	268			
1939	453	289	250	256	284	322	205	53	
1940	570	344	302	270	324	315	285	171	
1941	655	475	447	372	367	453	459	366	97
1942	812	443	393	365	375	415	415	372	193
1943	679	466	461	385	359	435	520	413	269
1944	843	555	510	440	434	410	514	533	374

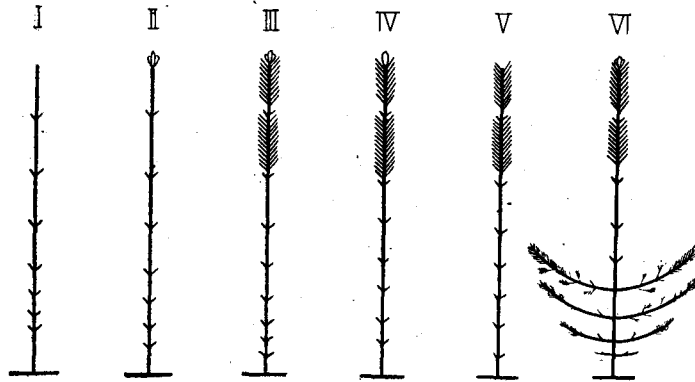
第3節 肥大成長の縦斷的配分に關する實驗例

上述せるところによつて幹に於ける肥大成長の配分は鬱閉の状態に關係があり、それは結局樹冠の發達状態に關するものと見る事が出来る。従て人工的に枝葉の量と分布に變化を與えると、その幹の肥大成長の配分に影響を來すと考えられ、又實際その様な實驗も古くから試みられている。こゝに筆者の行つた實驗と併せて夫等の結果を述べる事とする。

A. クロマツ幼齡木に就ての實驗

筆者は京大農學部構内苗圃に疎に植栽されたクロマツ10年生、樹高約2.5mのものを材料として

第 4 圖



第4圖に模型的に示した様な實驗を行つてみた。處理の時期はいづれも3月上旬、成長開始前である

Ⅰ．頂芽及びすべての枝並びに葉を除去した場合

之を7月末に切斷鏡檢したところによると皮部に僅少乍ら貯藏澱粉の殘存が認められ、新生假導管は第3表に示す如く基部及び太い根の部分に若干が數えられた。

第 3 表

部 分	2 年 軸	3 年 軸	6 年 軸	8 年 軸	基 部	主 根
高 さ m	2.0	1.3	0.7	0.3	0.0	-0.1
新生假導管層	0	0	2	4	17	2

同様の實驗は TH. HARTIG (1862) 及び R. HARTIG (1885) によつて行われ、前者は全く成長を停止するとし、後者は全樹幹に互り相當の成長をなすとし、又 WIELER (1897) は成長をするとし、でも僅少であると記載している。

Ⅱ．幹の頂端の芽のみを残し、すべての枝及び葉を除去した場合

此場合頂端の芽は伸長し、主芽にて17~25cmに達するが、針葉は伸長しないか、或は僅に伸長して止み、夏の間に潤れ枯れた。枯死後鏡檢せるところによると第4表に示す如く頂端の芽の下及び基部に若干の新生假導管が認められた。

第 4 表

部 分	2年軸先端	同 中 央	3 年 軸	5 年 軸	6 年 軸	基 部
高 さ m	2.3	2.0	1.3	0.9	0.3	0.0
供 試 木 1. mm	0.12	0.08	0.00	0.00	0.05	0.05
同 2. mm	0.07	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00

數字は成長層の厚さを示す。

同様の實驗にて TH. HARTIG (1862) は處理當年は前年の約半分の成長をなし、2 年目は著しく低下し、3 年目より次第に恢復すると記載している。NÖRDLINGER (1864) 及び MÜNCH (1938) は芽を残して、すべての葉を除いた場合當年の肥大成長は僅少となるが、枯死する事はないとし、筆者 (1950) がクロマツの 7 年生若木にて行つた場合にも芽は伸び葉を生じ弱度乍ら肥大成長を續け特に夫が頂部に偏る傾向が認められた。

Ⅲ．頂芽及び幹につく葉を残し、すべての枝を除去した場合

此場合は前の場合に比較すると僅に幹につく葉が残るのみであるが、芽はよく伸長して葉を伸ばし、肥大成長も繼續する。而して此場合第 5 表に示す如く頂部に年輪幅の大となる傾向が認められ、此差は特に成長期の後半に顯著になる。

第 5 表

部 分	2 年 軸	3 年 軸	基 部
供 試 木 1. 直徑成長、6 月 24 日迄	3.20 mm	1.95 mm	2.05 mm
10 月 27 日迄	9.25	5.20	4.95
供 試 木 2. " 6 月 24 日迄	4.80	3.25	1.85
10 月 27 日迄	9.35	6.25	5.40

同様の實驗は NÖRDLINGER (1864), TH. HARTIG (1878) 等によつても行われ、成長の頂部に偏る事が述べられている。

Ⅳ．頂部の主芽及び幹につく葉を残し、すべての側芽及び枝を除去した場合

之は前の場合に比較して頂端の側芽を除去した形に當る。肥大成長は前の場合より大となり主芽の伸長成長も葉の長さも正常以上となる。肥大成長の配分は前の場合と同様頂部に偏り特に成長期の後半に於て夫が顯著になる。(第 6 表)

第 6 表

部 分	2 年 軸	3 年 軸	4 年 軸
直 徑・成 長 6 月 24 日迄	5.00 mm	4.50 mm	4.00 mm
10 月 27 日迄	11.65	6.80	6.75

此處理を 3 年間に亙り繼續し、毎年頂端の側芽を除去した場合には第 5 圖に示す如く主芽の伸長は標準の 1.3 倍、針葉の長さは標準の 1.4 倍に達するが、年輪幅は基部に向つて少く、年輪面積の成長は本末同様となる。

Ⅴ．幹につく葉を残し、頂芽及びすべての枝を除去した場合

之を前の實驗と比較すると肥大成長は初期の間基部に大なる傾向があるが、後期に殆んど停止す

る。(第7表)

第 7 表

部 分	2 年 軸	3 年 軸	基 部
直徑長成 6月24日迄	2.75mm	2.90mm	3.00mm
10月27日迄	2.70	2.83	3.10

此場合頂部の短枝が伸長を初めるが、それは常に注意して除去した。之を放置して伸長せしめると肥大成長は持續し、前の實驗と同様の結果となる事は NÖRDLINGER (1864) の報告にも見られる。

Ⅵ. 頂芽を残し、上部の枝を除去した場合

幹の頂端の芽は残して伸長せしめ、その下の枝を2階迄除去した場合、幹の頂部の伸長成長も肥大成長も前の場合より稍々劣るが、基部の成長は大となる。(第8表)

第 8 表

部 分	2 年 軸	3 年 軸	基 部
供 試 木 1. 直徑成長 6月24日迄	4.60 mm	5.55 mm	6.90 mm
10月27日迄	7.25	7.25	10.90
同 2. " 6月24日迄	5.40	5.80	5.95
10月27日迄	9.75	8.40	13.00

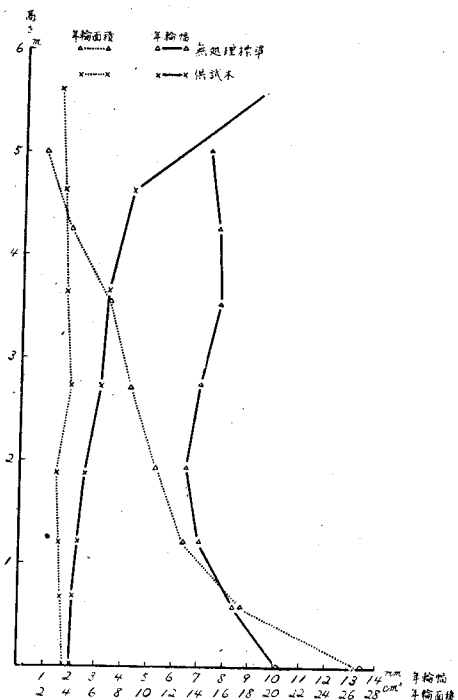
NÖRDLINGER (1864) は同様の實驗にて頂芽中主芽のみを残した場合肥大成長は頂部と基部に大となり、中央にて少くなる事を記載している。又 KROTKEVICH (1939)⁵³⁾ はマツの無節材を造る目的を以て同様の處理を行い、PAUL (1946), CURTIS (1946) もまた同様の枝打を行つた結果伸長成長の稍々大となる事を述べているが、肥大成長に就ての記録がない。

Ⅶ. すべての芽を除去した場合

此場合舊葉のみによつてよく肥大成長を遂げ、成長量は頂部にては減少するが基部にて正常以上に大となる。此場合にも頂部にて短枝の伸長を來すが、常に之を除くと處理後2年目にも葉は脱落せず、成長量は處理當年より減するが基部に成長の偏る傾向は失われない。第6圖はその實驗例である。

之等の實驗によつて側枝の除去は基部の肥大成長を減じ、芽の除去は頂部の肥大成長を減じ、中

第 5 圖 全側枝除去による肥大成長の配分
クロマツ幼齡木にて3ヶ年連續施行せるもの



間の枝のみを除く時は中間の肥大成長を減ずる傾向が略々視れるが、供試木が小型であるために之等の関係が明瞭でない。よつて更に大なる供試木を選んで次に述べる様な実験を行つて見た。

B. アカマツ壯齡木に就ての實驗

此場合の供試木は京大演習林上賀茂試験地にて鬱閉状態を保つて生育せる樹齡約30年の天然生アカマツであり、個體によつて多少の相違はあるが樹高凡そ10m、胸高徑10cm、樹冠長5~6m、8・9階の生枝を有し、その中6・7階の附近に所謂力枝があり、夫より下の階にて枯死する枝が多くなる。樹冠に於ける葉の量は凡そ第1圖に示した如き分布をなすと見られる。

I. 頂芽及びすべての枝を除去した場合

此處理によつて供試木は何れも夏迄に枯死し、新生假導管は第9表に示す如く基部に若干が認められるに止まる事前述 A I の實驗結果と同様である。R. HARTIG (1885) が Kiefer の95年生のものにて貯藏物質により處理前年の年輪幅の約25%の成長を起したとの記録には疑問が抱かれる。

第 9 表

高	さ	m	7	5	3	1	0
供 試 木	1.	南 側	0 μ	0 μ	0 μ (0)	0 μ (0)	0 μ (0)
		北 側	0	0	100 (3)	100 (3)	100 (3)
	2.	南 側	0	0	0 (0)	70 (2)	350 (11)
		北 側	0	0	70 (2)	30 (5)	350 (11)

μ は成長層の厚さ、() 内は新生假導管の層数。

II. 頂芽及び幹につく葉を残し、すべての枝を除去した場合

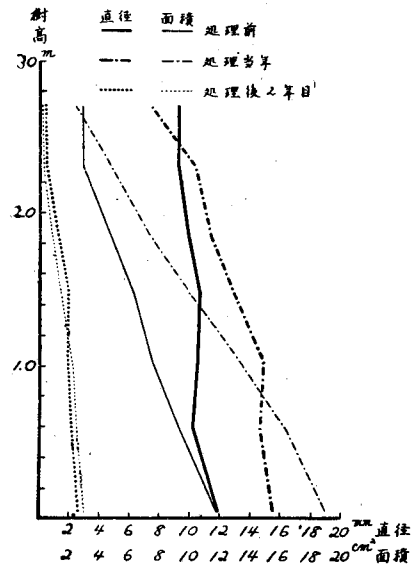
此處理にて芽は僅に伸長するが葉を伸すに至らずして夏の間に枯死する。肥大成長は頂部の葉の存する附近と基部とに僅少の新生假導管を生ずるのみであつて中央部に全く之を缺く。(第10表)

第 10 表

高	さ	m	7.8	7.3	6.5	5.0	3.0	1.0	0.0
供 試 木	1.		200 μ (14)	70 μ (5)	0 μ	0 μ	190 μ (8)	180 μ (7)	120 μ (4)
	2.		200 (14)	100 (7)	0	0	0 (0)	220 (8)	470 (14)

μ は成長層の厚さ、() 内は新生假導管の層数、樹高7.9m、葉は7m以上に存する。

第6圖 摘芽せる場合の肥大成長の配分
(アカマツ 樹高約3mのもの)



同様の處理を幼齡木に就て行つた A ■ の場合には芽は伸長し、新芽もよく伸び、肥大成長は全樹幹に亘つて起り、後に枯死する様な事はなかつたのに對照して、此場合は影響が著しい。

同様の實驗を林業試験場細井枝官を煩し三次營林署大土山國有林アカマツ綜合試験地に於て、樹高 5・6 m の成育狀態を異にする種々の太さのものを選り昭和23年秋末に施行して貰つた結果によると、樹冠の初より小なる、基部の徑 4 cm 以下のものにあつては翌春頂芽が伸び、針葉の長さも正常近くなり、肥大成長は頂部 3・4 年軸に迄及んで、何れも枯死する事はなかつたのに對し、基部の徑 8 cm 以上の樹冠の大なるものに於ては却つて衰弱が著しく、芽は僅に伸びて止み頂軸に少許の新生假導管を生じたのみで翌年の夏の間に多くは枯死した。而して頂部 1 階の枝を残したものに於て、ようやく肥大成長が全樹幹に亘るのが認められた。

■. 頂部 2～3 階迄の枝を残し、夫より下の枝を除去した場合

此結果は第 11・12 表及び第 7 圖に示した通りである。之等によつて見ると處理前の年輪幅は地上 2 m 附近にて最も狭く、夫より基部及び頂部に向つて増加し根際及び樹冠の中部にて最大を示したものが、處理後残存せる枝の稍々下にて急に減じ、其儘略々同じ値を保ち基部に於ても増加する傾向を失う。之を年輪面積に就て言つても大體同様である。茲に注意されるのは處理當年の成長の減退に比べて 2 年目の方が更に著しい事である。かゝる傾向は TH. HARTIG (1858) によつて既に認め

第 11 表 頂部 2 階迄の枝を残した場合

アカマツ No. 3. 林内優勢木、樹高 9.9m.

1943 年春處理、枝下高は處理前 4.6m, 後 7.8m.

高	さ	m	0.1	1.1	2.1	3.1	4.1	5.1	6.1	7.1	8.1
直 徑	mm.	1944	109	85	79	74	68	67	51	48	30
直徑成長	mm.	1941	4.16	3.20	3.26	2.99	3.31	4.56	5.44	5.05	
		1942	3.84	2.88	3.00	2.95	3.16	3.76	4.40	4.96	3.45
處 理 前 平 均			4.00	3.04	3.13	2.97	3.24	4.16	4.92	5.01	
		1943	1.25	1.33	1.28	1.23	1.24	1.50	1.98	3.71	3.50
		1944	0.40	0.31	0.73	0.98	1.15	1.14	1.80	3.60	3.96
處 理 後 平 均			0.83	0.82	1.01	1.11	1.20	1.32	1.89	3.66	3.73
處 理 前 後 の 比	%		21.0	27.0	32.0	37.3	40.0	32.0	38.4	73.0	
面積成長	mm ² .	1941	674	396	368	315	318	417	346	265	
		1942	633	370	354	324	320	368	313	299	114
處 理 前 平 均			654	383	361	320	319	393	329	282	
		1943	211	175	155	139	130	153	150	249	135
		1944	68	41	90	113	122	119	142	262	176
處 理 後 平 均			140	108	123	126	126	136	146	256	156
處 理 前 後 の 比	%		21	28	34	39	40	35	44	41	

アカマツ No. 36. 林内優勢木, 樹高 9.1m.

1941年春處理, 枝下高處理前 3.4m. 後 7m.

高	さ	m	0.1	1.1	2.1	3.1	4.1	5.1	6.1	7.1	8.1		
直	徑	mm.	1942	108	87	76	71	66	59	48	44	—	
直徑成長	mm.	1939	3.74	3.31	2.74	3.39	4.03	5.37	6.22	6.15	4.00		
		1940	5.48	4.54	4.62	4.51	4.60	6.58	7.30	7.10	8.30		
處	理	前	平均	4.61	3.93	3.68	3.95	4.32	5.98	6.76	6.63	6.15	
		1941	1.52	1.07	1.25	0.98	1.24	1.44	1.96	10.80	10.35		
		1942	0.28	0.57	0.52	0.67	0.91	1.37	3.02	9.04	8.76		
處	理	後	平均	0.90	0.82	0.89	0.83	1.08	1.41	2.49	9.56	10.06	
處	理	前後の比	%	20	21	24	21	25	24	37	144	164	
面	積	成長	mm ² .	1939	581	412	294	336	362	396	319	135	85
		1940	891	593	522	475	445	547	451	230	257		
處	理	前	平均	736	503	408	406	404	472	385	183	171	
		1941	255	144	147	147	126	129	135	501	473		
		1942	47	78	62	74	94	125	221	561	600		
處	理	後	平均	151	111	105	111	110	127	178	531	537	
處	理	前後の比	%	21	22	25	27	27	27	46	292	313	

アカマツ No. 17. 林内被壓木, 樹高 7.8m.

1943年春處理, 枝下高處理前 4.0m. 後 5.8m.

高	さ	m	0.1	1.1	2.1	3.1	4.1	5.1	6.1	
直	徑	mm.	1944	55	48	43	40	36	31	23
直徑成長	mm.	1941	3.28	2.65	2.48	2.98	3.93	6.38		
		1942	2.65	2.93	2.75	2.48	3.78	5.25	6.33	
處	理	前	平均	2.97	2.79	2.62	3.23	3.86	5.82	
		1943	1.75	1.88	1.98	2.33	3.05	3.93	3.93	
		1944	2.18	2.30	2.05	1.98	2.38	3.00	3.83	
處	理	後	平均	1.97	2.09	2.02	2.16	2.72	3.47	3.88
處	理	前後の比	%	66	75	77	67	71	60	
面積成長	mm ² .	1941	239	164	135	136	155	160		
		1942	208	194	161	187	172	180	122	
處	理	前	平均	223	179	148	162	164	170	
		1943	142	132	124	136	155	163	107	
		1944	183	169	134	122	131	141	128	
處	理	後	平均	163	151	129	129	143	152	118
處	理	前後の比	%	73	84	87	80	88	90	

第 12 表 頂部 3 階迄の枝を残した場合

アカマツ No. 13. 樹高 11.4m. 1943 年春處理

枝下高處理前 3.8m. 後 8.1m.

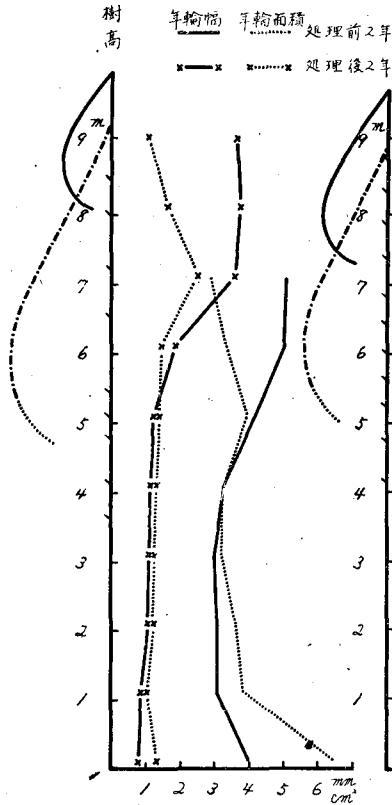
高	さ	m	0.1	1.1	2.1	3.1	4.1	5.1	6.1	7.1	8.1	9.1	10.1
直 徑	mm.	1944	147	114	111	102	98	92	83	76	65	61	39
直徑成長	mm.	1941	10.20	7.34	7.25	7.05	7.38	8.28	9.37	11.45	12.32	11.52	6.00
		1942	9.83	7.40	6.93	6.95	7.33	7.73	8.05	9.22	10.70	11.42	7.83
處 理 前 平 均			10.02	7.37	7.09	7.00	7.36	8.01	8.71	10.34	11.51	11.47	6.92
		1943	5.03	4.17	4.20	4.15	4.54	4.60	4.67	5.27	6.53	10.92	10.80
		1944	4.33	3.65	3.47	3.83	4.68	5.03	5.25	5.92	7.98	11.48	11.34
處 理 後 平 均			4.68	3.91	3.84	3.99	4.61	4.82	4.96	5.60	7.26	11.20	11.07
處理前後の比	%		46	53	54	57	63	60	57	54	63	98	160
面積成長	mm ² .	1941	1964	1100	1054	930	903	922	894	890	643	395	61
		1942	2041	1198	1080	993	981	958	878	866	752	597	164
處 理 前 平 均			2003	1149	1067	962	942	940	886	878	698	496	113
		1943	1122	716	694	629	650	615	556	555	547	763	384
			978	636	599	604	704	710	666	675	760	1004	601
處 理 後 平 均			1050	676	647	617	677	663	611	615	654	884	493
處理前後の比	%		53	59	61	64	72	71	64	70	94	178	438

アカマツ No. 46. 樹高 11.9m. 1941 年春處理

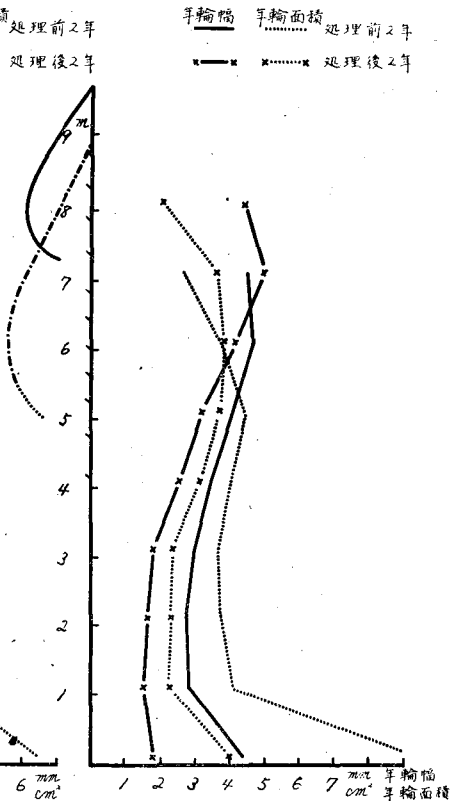
枝下高處理前 5.5m. 後 8.8m.

高	さ	m	0.1	1.1	2.1	3.1	4.1	5.1	6.1	7.1	8.1
直 徑	mm.	1944	137	107	103	100	95	89	80	73	64
直徑成長	mm.	1939	7.00	4.93	4.75	4.85	5.18	6.68	6.88	6.70	6.90
		1940	6.70	5.58	5.45	5.13	5.90	7.00	8.33	8.75	8.40
處 理 前 平 均			6.85	5.26	5.10	4.99	5.54	6.84	7.61	7.73	7.65
		1941	1.88	1.45	1.80	1.83	2.25	3.05	4.90	6.45	10.00
		1942	1.30	1.58	1.90	2.03	2.08	2.90	5.35	7.45	10.30
處理後 2 年平均			1.59	1.52	1.85	1.93	2.17	2.98	5.13	6.95	10.15
處理前に對する比	%		23	29	36	39	39	44	54	90	132
		1943	4.15	4.18	4.58	5.18	5.63	6.35	8.50	9.10	8.45
		1944	7.40	5.05	5.60	6.43	6.63	6.75	7.58	8.50	9.20
處理後 3 ~ 4 年平均			5.78	4.77	5.09	5.81	6.13	6.55	8.04	8.80	8.83
處理前に對する比	%		84	91	100	116	114	96	106	101	116
面積成長	mm ² .	1939	1233	668	603	586	569	625	453	304	151
		1940	1252	802	735	660	699	731	647	503	284
處 理 前 平 均			1243	785	669	623	634	678	550	404	218
		1941	364	216	253	246	281	342	432	448	483
		1942	255	239	273	279	267	339	517	599	661
處理後 2 年平均			310	228	263	263	274	341	475	524	572
處理前に對する比	%		25	29	39	42	43	50	86	130	262
		1943	831	652	681	740	757	789	910	850	667
		1944	1549	824	877	978	955	908	907	911	854
處理後 3 ~ 4 年平均			1190	739	779	859	856	849	909	881	761
處理前に對する比	%		96	94	116	138	134	126	166	218	349

第 7 圖
頂部 2 階の側枝を残した
場合の年軸配分
アカマツ 3 號



第 8 圖
頂部 4 階の側枝を残した場合
アカマツ 2 號



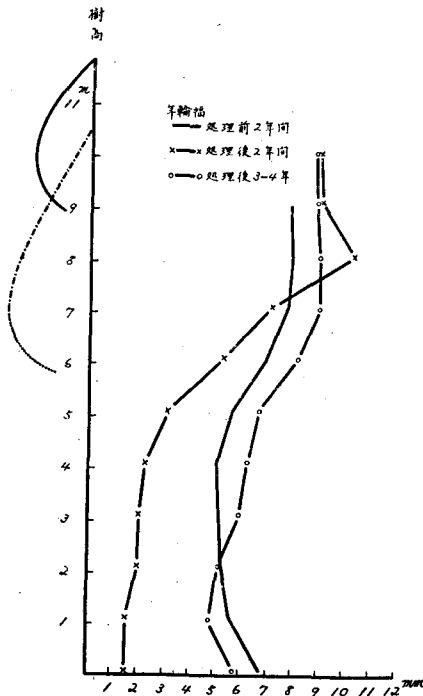
られ、當初は貯藏物質の蓄積が肥大成長に用いられるからであると言われている。処理後 2 年間の肥大成長を処理前のそれに對比すると枝下にて凡そ 20~30% となつている。伸長成長は平均して標準の 75% にも達する。葉の量が元の 10% 以下になつているのに比べると成長減退の程度は寧ろ少い。其後伸長成長と共に葉の量を増し、枝階も 3~4 年後には 5~6 階となるから肥大成長も略々正常の程度に復する。第 9 圖は之を示した例である。

尙此處理による影響の程度は個體によつて相當相違があり、樹冠の發達せる優勢木に於て比較的著しい傾向が見られる。R. HARTIG (1872) は第三の階迄枝を除いた マツにて處理後 3 年間に互に基部に成長の停止した例を擧げている。被壓状態にあるものは元來基部に向つて成長の少ないものであるが、枝打後も甚しい變化を見ない。第 11 表中供試木 17 號はその例である。

IV. 頂部 4~5 階迄の枝を残し、夫より下の枝を除去した場合

此場合の影響は前の場合に比較して弱度であるのは言う迄もない。第 13 表、第 8 圖は其代表例で

第 9 圖 頂部3階の側枝を残した場合
アカマツ46號



ある。之によつて見らるゝ通り年輪幅は処理後も根際にて廣くなる傾向は認められるが、其程度は減じ、最小點は下降する。成長量は枝下にて直径成長は處理前の60%内外、面積成長はそれより大きい。しかし力枝の附近の枝が失われ、葉の量が約半減するのと比べれば成長減少の程度は著しくない。

尙此場合は、前の場合に見られた様に處理後2年目に於て處理當年よりも成長が劣るとは限らない。枝の残れる頂部にては處理後の年輪幅の方が寧ろ大となつてゐる。しかし之は樹高の大となると共に上部の年輪幅の最大點が第3圖に見られた如く次第に上方に移るものであるから必ずしも處理の影響とのみ見る事は出来ない。

V. 頂部6~7階迄の枝を残し、夫より下の枝を除去した場合

供試木に於て6~7階の枝に葉の量は最も多く、所謂力枝と見られるものも此階にある。従て此階迄の枝を残して夫より下の枝を除く事は要するに力枝

第 13 表 A. 頂部4階迄の枝を残した場合

アカマツ No. 2. 樹高 9.7m. 1943年春處理
處理前枝下高 5.2m. 力枝高 5.9m. 處理後枝下 6.8m.

高	さ	m	0.1	1.1	2.1	3.1	4.1	5.1	6.1	7.1	8.1
直 徑	mm.	1944	143	98	91	85	82	78	63	51	34
直径成長	mm.	1941	4.53	2.88	2.93	3.14	3.80	4.51	4.90	4.50	
		1942	4.50	2.80	2.66	2.82	3.19	3.73	4.43	4.41	4.29
處理前平均			4.52	2.84	2.80	2.99	3.50	4.12	4.67	4.46	
		1943	1.84	1.45	1.63	1.73	2.33	3.14	3.79	5.20	4.40
		1944	1.76	1.56	1.70	1.81	2.70	3.29	4.54	4.81	4.43
處理後平均			1.80	1.50	1.67	1.77	2.52	3.22	4.17	5.00	4.42
處理前後の比	%		40	53	60	59	72	78	89	112	
面積成長	mm ² .	1941	947	411	386	381	427	477	372	242	
		1942	973	412	362	357	376	393	369	268	152
處理前平均			960	412	374	369	402	432	371	255	
		1943	407	218	228	224	285	354	340	355	186
		1944	394	238	242	239	341	398	437	366	218
處理後平均			401	228	235	232	315	376	389	361	202
處理前後の比	%		42	56	63	66	79	87	105	142	

アカマツ No. 11. 樹高 10.6m. 1943年春處理
處理前枝下高 5.7m. 力枝高 6.65m. 處理後枝下 7.5m.

高	さ	m	0.1	1.1	2.1	3.1	4.1	5.1	6.1	7.1	8.1
直 徑	mm.	1944	119	92	80	76	74	69	61	55	40
直徑成長	mm.	1941	2.91	2.89	2.35	2.28	2.70	3.18	4.06	4.94	
		1942	2.84	2.96	2.44	2.48	2.66	2.88	3.45	3.94	4.19
處理前平均			2.88	2.83	2.40	2.38	2.68	3.03	3.76	4.44	
		1943	1.98	1.68	1.58	1.66	1.73	1.90	2.71	4.38	4.29
		1944	1.65	1.50	1.44	1.54	1.73	1.89	2.93	3.73	3.81
處理後平均			1.82	1.59	1.51	1.60	1.73	1.90	2.82	4.06	4.05
處理前後の比	%		63	56	63	67	65	63	75	93	
面積成長	mm ²	1941	505	384	272	249	282	304	315	310	
		1942	505	407	292	281	289	289	288	275	194
處理前平均			505	396	282	265	286	297	302	283	
		1943	354	237	194	193	194	198	240	334	227
		1944	309	215	180	183	198	203	272	308	226
處理後平均			332	226	187	188	196	201	256	321	227
處理前後の比	%		66	57	66	71	79	68	85	114	

B. 頂部5階迄の枝を残した場合

アカマツ No. 14. 樹高 9.2m. 1943年春處理
處理前枝下高 4m. 力枝高 5.1m. 處理後枝下 5.5m.

高	さ	m	0.1	1.1	2.1	3.1	4.1	5.1	6.1	7.1
直 徑	mm.	1944	125	101	92	61	77	67	53	35
直徑成長	mm.	1941	7.33	6.90	6.00	6.03	7.18	7.73	8.68	6.88
		1942	7.08	6.10	5.48	5.33	5.80	6.40	7.35	7.48
處理前平均			7.21	6.50	5.74	5.68	6.49	7.07	8.02	7.18
		1943	4.48	3.68	3.98	3.95	4.05	4.68	6.68	7.15
		1944	3.33	3.00	3.08	3.30	3.38	4.50	6.38	7.13
處理後平均			3.91	3.34	3.53	3.49	3.72	4.59	6.53	7.14
處理前後の比	%		54	51	61	61	57	65	81	99
面積成長	mm ²	1941	1233	922	721	426	682	579	387	101
		1942	1270	877	708	424	610	550	420	194
處理前平均			1252	899	715	425	646	565	404	148
		1943	845	558	544	343	458	443	455	267
		1944	648	470	438	306	401	458	500	346
處理後平均			747	514	491	325	430	451	478	307
處理前後の比	%		60	57	69	76	67	80	118	208

第 14 表 頂部 6 階迄の枝を残した場合

アカマツ No. 12. 樹高 10.5m. 1943年春處理

處理前枝下高 5.2m. 力枝高 6.7m. 處理後枝下 6.2m.

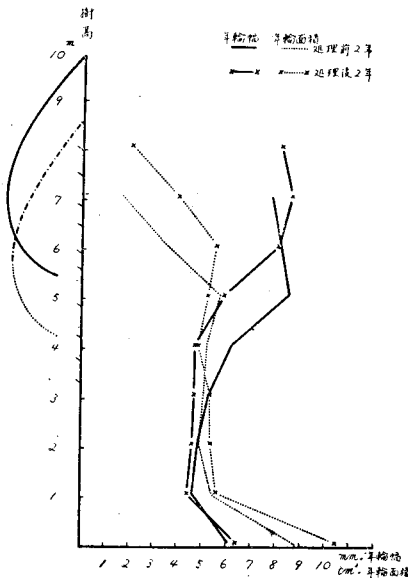
高	さ	m	0.1	1.1	2.1	3.1	4.1	5.1	6.1	7.1	8.1
直 徑	mm.	1944	103	85	82	77	73	66	60	52	36
直徑成長	mm.	1941	4.60	3.95	4.38	4.50	5.00	5.70	7.99	9.67	6.95
		1942	3.81	3.46	4.04	4.31	4.63	5.08	5.84	6.28	7.03
處理前平均			4.21	3.71	4.21	4.41	4.82	5.39	6.92	7.98	6.99
		1943	3.38	2.72	3.17	3.10	3.20	3.85	4.05	6.41	8.18
		1944	4.58	4.09	3.87	4.05	4.04	4.38	4.25	6.14	8.58
處理後平均			3.98	3.41	3.52	3.58	3.62	4.12	4.15	6.28	8.38
處理前後の比	%		95	92	83	81	75	77	60	79	120
面積成長	mm ² .	1941	643	453	472	449	457	444	524	424	100
		1942	558	418	462	460	459	439	447	354	177
處理前平均			501	436	467	455	458	442	486	389	139
		1943	514	341	381	349	337	360	342	425	304
		1944	725	535	486	479	448	438	382	468	431
處理後平均			620	438	434	414	393	399	364	447	368
處理前後の比	%		124	100	93	91	86	90	75	145	264

アカマツ No. 1. 樹高 9.85m. 1943年春處理

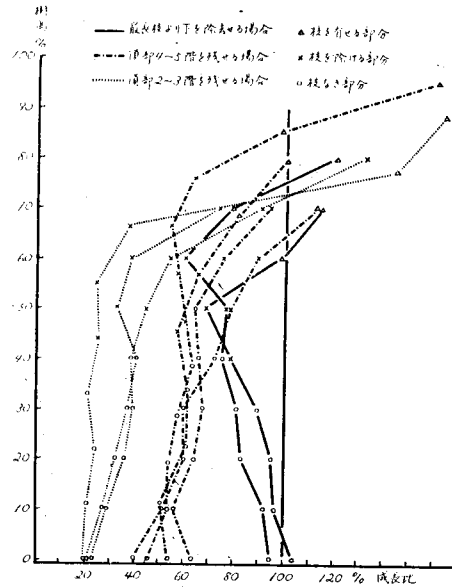
處理前枝下高 3.0m. 力枝高 5.26m. 處理後枝下 4.7m.

高	さ	m	0.1	1.1	2.1	3.1	4.1	5.1	6.1	7.1
直 徑	mm.	1944	111	83	74	76	69	63	51	38
直徑成長	mm.	1941	5.60	4.63	5.08	5.58	6.95	10.38	9.83	7.93
		1942	6.70	4.60	4.63	4.95	5.33	6.68	6.55	7.48
處理前平均			6.15	4.62	4.86	5.27	6.14	8.53	8.19	7.71
		1943	6.48	4.30	4.38	4.60	4.58	6.08	7.65	8.35
		1944	6.33	4.63	4.83	4.70	4.80	5.58	8.60	8.75
處理後平均			6.41	4.47	4.61	4.65	4.64	5.83	8.13	8.55
處理前後の比	%		104	97	95	89	76	68	99	111
面積成長	mm ² .	1941	778	563	495	513	534	638	364	120
		1942	995	518	486	496	476	500	327	204
處理前平均			887	543	491	505	505	569	346	162
		1943	1030	514	491	495	445	516	467	332
		1944	1070	586	577	540	501	525	635	465
處理後平均			1050	550	534	518	473	521	551	399
處理前後の比	%		118	101	109	98	94	92	160	245

第 10 圖
最長枝より下の側枝を除去した場合
アカマツ 1 號



第 11 圖
アカマツ側枝除去に伴う年輪幅の變化
處理前後 2 年間の比



より下の枝を打つ事になる。力枝より下の枝は自然に枯死するものも多く、生活せるものも伸長が減じ葉も少く、此處理によつて失われる葉の量は全體の約10~20%である。しかし此結果幹の肥大成長の減退は極めて少く枝下の年輪面積では多少増加する事さある。此様に成長の衰えた下枝の除去は幹の成長に影響しないと言う事は既に TH. HARTIG (1856) の實驗にも見られ、今日林業家の常識である。(第14表、第10圖參照)

上述の種々の程度に枝を除いた場合の年輪幅の變化を處理前後2年間の比率にて示すと第11圖の如くなる。

Ⅶ. 頂部2階迄の枝及び幹の先端を除去した場合

頂部2階の枝の直下にて梢端を切り去つた場合には、之が爲に失われる葉の量は僅少であり、處理の結果上位の枝は次第に上向屈曲を起して代償主軸となるにも拘らず、幹の肥大成長には顯著な影響が現れ、年輪幅は處理後2年平均にて樹冠内約40%、枝下25%内外を減する。第15表、第12圖は此例である。

Ⅶ. 樹冠の片側の枝を除去した場合

此場合葉は樹冠の各部にて均等に量的に半分となる。幹の肥大成長も略々半減するが、其影響は頂部よりも基部に向つて著しい。頂部は後に新しく伸長する部分にて放射狀に枝を發達するから樹冠の偏りの影響は次第に少くなるわけであるが、枝を残した側と除いた側とによつて年輪幅の相違

第 15 表 頂部2階枝迄を除去した場合

アカマツ No. 4. 1943年春處理

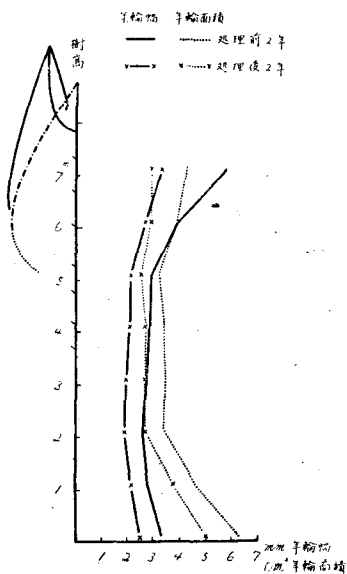
樹高處理前 8.7m, 7.7m 以上梢端を除く, 枝下高 4.7m.

高	さ	m	0.1	1.1	2.1	3.1	4.1	5.1	6.1	7.1		
直	徑	mm.	1944	129	111	90	88	83	78	72	59	
直徑成長	mm.	1941	3.20	2.75	2.66	2.80	3.05	3.03	4.11	6.34		
		1942	3.50	2.96	2.61	2.73	2.73	2.90	3.85	5.26		
處	理	前	平均	3.35	2.86	2.64	2.77	2.89	2.67	3.98	5.80	
		1943	2.68	2.40	2.15	2.20	2.38	2.44	3.24	3.89		
		1944	2.40	2.03	1.73	1.88	1.93	1.90	2.24	2.84		
處	理	後	平均	2.54	2.22	1.94	2.04	2.16	2.17	2.74	3.37	
處	理	前後の比	%	76	78	74	74	75	73	69	58	
面	積	成長	mm ² .	1941	595	442	345	353	355	328	388	439
		1942	669	489	349	356	330	327	388	412		
處	理	前	平均	632	466	347	355	343	328	388	426	
		1943	525	407	296	295	297	285	344	333		
		1944	480	351	243	258	247	229	248	258		
處	理	後	平均	503	379	270	277	272	257	296	296	
處	理	前後の比	%	80	82	78	78	79	79	76	69	

第 12 圖

頂部2階の側枝以上を除去した場合

アカマツ 4 號

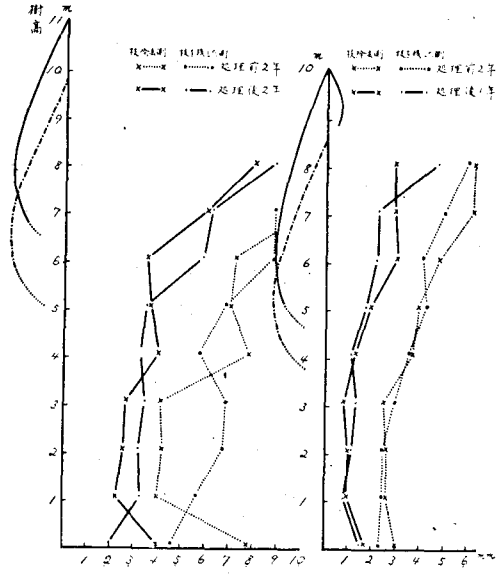


第 13 圖

片側の側枝を除去した場合の年輪幅

アカマツ 5 號

ヒノキ 26 號



第 16 表 樹冠の片側の枝を除去した場合

アカマツ No. 16. 樹高 9m. 1941年春處理,

樹冠 7.7m 以下は處理の際片側の枝を除かる

高	さ	m	0.1	1.1	2.1	3.1	4.1	5.1	6.1	7.1	8.1
直 徑	mm.	1942	141	92	87	84	74	61	45	28	15
直徑成長	mm.	1939	12.20	9.45	8.98	10.75	11.70	12.78			
		1940	10.85	7.45	6.80	8.08	9.45	11.23	10.78		
處理前平均			11.53	8.45	7.89	9.42	10.58	12.01			
		1941	5.35	4.75	4.45	4.65	5.38	8.13	9.35	8.75	
		1942	4.10	2.93	3.10	3.35	4.93	9.05	9.40	7.93	7.95
處理後平均			4.73	3.84	3.78	4.00	5.16	8.59	9.38	8.34	
處理前後の比	%		41	46	48	43	49	72			
面積成長	mm ² .	1939	2204	1077	956	1053	888	523			
		1940	2156	948	808	911	875	671	360		
處理前平均			2180	1013	882	982	882	597			
		1941	1131	650	568	571	561	610	460	210	
		1942	897	419	414	432	554	801	601	294	136
處理後平均			1014	535	491	502	555	706	531	252	
處理前後の比	%		47	53	36	51	63	118			

アカマツ No. 5. 樹高 10.95m. 1941年春處理,

樹冠 9.8m 以下は處理の際片側の枝を除かる

高	さ	m	0.1	1.1	2.1	3.1	4.1	5.1	6.1	7.1	8.1
直 徑	mm.	1942	118	97	89	84	76	73	66	55	45
直徑成長	mm.	1939	7.44	5.89	5.90	6.40	7.04	8.30	10.24	11.38	10.18
		1940	5.66	5.16	5.48	5.70	5.64	6.20	6.88	8.27	8.13
處理前平均			6.55	5.53	5.69	6.05	6.34	7.25	8.56	9.78	9.16
		1941	2.63	3.44	3.53	3.84	4.00	4.55	4.45	6.58	8.69
		1942	2.99	2.80	2.59	3.21	3.23	3.68	4.13	6.60	7.67
處理後平均			2.81	3.12	3.06	3.53	3.62	4.14	4.29	9.59	8.18
處理前後の比	%		43	57	54	58	57	57	50	67	89
面積成長	mm ² .	1939	1205	761	686	679	661	704	735	491	239
		1940	984	711	686	659	585	597	587	487	307
處理前平均			1095	736	686	669	624	651	661	489	273
		1941	466	498	467	473	446	476	419	464	443
		1942	551	419	355	413	378	409	417	534	490
處理後平均			509	459	411	443	412	443	411	499	467
處理前後の比	%		46	62	60	66	66	68	63	102	171

する傾向は殆んど見られない(第16表, 第13圖参照)。R. HARTIG 及び WEBER (1888) も Rotbuch に就て同様の事を認め、幹の組織が振れて成長せるによるかと述べているが必ずしも其様には見られない。

Ⅶ. 胸高附近にて輪截した場合

輪截によつて處理部より下方の肥大成長が停止する事は屢々報告されているところであるが、詳細に檢すれば基部に於て少許の薄膜な假導管の新生を見る例がある。之は全く枝葉を除いた場合の實驗 BI に於けると同様である。又輪截の上部にては初め成長が著しく、特に處理部直上に異常に膨大せる癒傷組織を生ずるのは周知の事であるが、此場合肥大成長全體として向基的に偏る傾向が顯著である。第17表は此例を示す。尙此處理により供試木の多くは夏頃より成長衰え遂に枯死するに至る。

第 17 表 輪截による肥大成長の配分 (輪截部は地上 1.35m.)

部 分				輪截下部年輪幅 mm.			輪截上部年輪幅 mm.			
高 さ m				0.1	1.0	1.3	1.4	2.0	4.0	7.0
アカマツ No. 27 約30年生	輪 截 前	1941		1.20	1.15	1.14	1.14	1.15	1.25	1.80
	同 後	1942		0.07	0.02	0.00	2.69	2.33	2.50	3.03
	前後の比	%		5.8	1.7	0.0	236	203	200	169
アカマツ No. 28 同	輪 截 前	1941		1.77	1.43	1.44	1.45	1.65	1.98	
	同 後	1942		0.00	0.00	0.00	3.90	2.55	2.01	
	前後の比	%		0.0	0.0	0.0	269	155	102	

Ⅳ. 鬱閉状態に生育せる樹木を急に疎立状態にした場合

此場合成長が急に旺盛となる事は Lichtstandszuwachs として知られているところであるが、しかし R. HARTIG (1888) は樹冠の大なるものに於てのみ此傾向が顯著に現れ、肥大成長は頂部に少く基部に特に大となるが、樹冠の小なるものに於ては影響が少いと述べている。筆者は6年前に疎立状態におかれた材料を得て之を調査したが、かなり成長減退し年輪幅の狭小となつたものの方でも明かに基部に向つて年輪幅の急に大となる例が認められた。第18表はアカマツ60年生に於ける其例である。

C. ヒノキ壯齡木に於ける實驗

上述と同様の實驗を更に上賀茂試験地にて約35年生のヒノキを材料として行つた。ヒノキはマツの如く枝階が明かでないから樹冠長に對する比率によつて次の様に種々の程度に枝を除去してみた。

I. すべての枝を除去した場合

此場合幹の頂端に極めて僅の鱗片葉はあるが、全く肥大成長を起さずに枯死するか、或は基部に

第 18 表 受光成長に伴う肥大成長の配分 (アカマツ60年生)

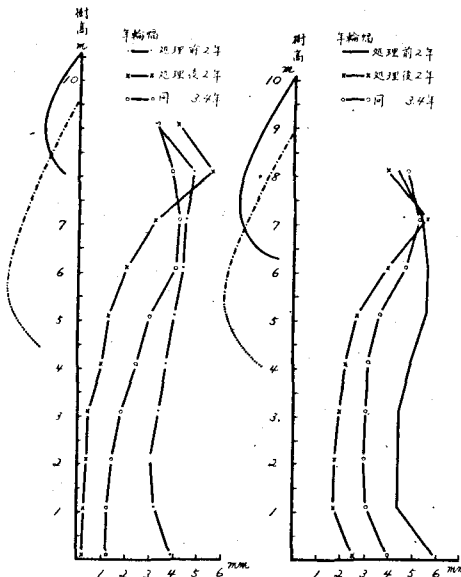
地上高 m	直 径 成 長			面 積 成 長		
	疎立前6年間 (A)	疎立後6年間 (B)	前後の比 (B/A)	疎立前6年間 (C)	疎立後6年間 (D)	前後の比 (D/C)
0	0.590 cm	3.460 cm	6.0	11.283 cm ²	77.177 cm ²	6.8
2	0.535	2.490	4.6	9.070	48.520	5.3
4	0.500	2.290	4.5	8.310	43.076	5.1
6	0.585	2.185	3.7	9.402	39.483	4.1
8	0.600	1.940	3.2	9.434	34.374	3.7
10	0.635	2.075	3.2	9.485	35.744	3.6
12	0.645	1.930	2.9	8.812	30.271	3.7
14	0.665	1.560	2.3	8.145	21.833	2.7
16	0.775	1.465	1.9	8.745	19.129	2.6
18	0.990	1.020	1.1	8.887	10.767	1.2
20	0.615	1.040	1.6	4.195	8.446	2.0

のみ数層の假導管を生じて止む事前述したアカマツの場合と同様である。

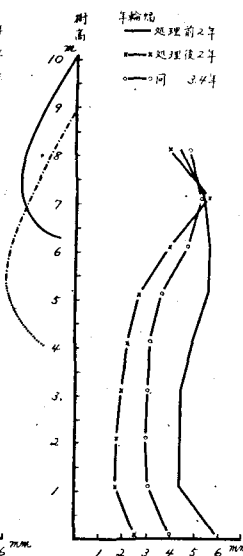
Ⅱ. 樹冠の頂部 $\frac{1}{4}$ を残し、夫より下の枝を除去した場合

此結果枝を残した部分にて処理前より年輪幅の増加するところもあるが、枝を除いた部分にて急に狭くなり、基部にて処理當年全く年輪を缺くものもある。しかし之によつて枯死する事はなく、上部の伸長成長と共に次第に枝葉を増し、肥大成長も恢復し来る。ヒノキの樹冠に於ける鱗片葉の分

第 14 圖 樹冠頂部 $\frac{1}{4}$ を残した
場合 (ヒノキ41號)



第 15 圖 樹冠頂部 $\frac{1}{2}$ を残した
場合 (ヒノキ42號)



布状態は測定が困難であるから此結果を直接マツと比較し難いが、此場合成長の減退は処理の當年既に著しく、4年を経過してもなお元の年輪幅の半に達しない有様である。(第19表、第14圖参照)

Ⅲ. 樹冠の頂部 $\frac{1}{2}$ を残し、夫より下の枝を除去した場合

此場合力枝と見らるゝ枝は除かれる。枝を残した部分の年輪幅は処理前と大差はないが、枝を除去した部分にて急に狭くなり処理前の約 30~40% となる。此率は前述のアカマツの枝階 3~4 階を残したものに比べると可なり小さい。(第20表、第15圖参照)

Ⅳ. 樹冠の頂部 $\frac{3}{4}$ を残し、夫より下の枝を除去した場合

第 19 表 樹冠頂部を残した場合

ヒノキ No. 33. 樹高 7.9m. 1941年春處理

枝下高處理前 2.5m. 後 6.2m.

高	さ	m	0.1	1.1	2.1	3.1	4.1	5.1	6.1
直 徑	mm.	1942	106	75	66	57	47	35	28
直徑成長	mm.	1939	7.62	5.08	5.06	4.82	4.76	4.72	4.50
		1940	5.00	3.28	3.48	4.16	4.32	5.00	5.18
處理前平均			6.31	4.18	4.27	4.49	4.54	4.86	4.84
		1941	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.40	4.86
		1942	0.66	0.28	0.26	0.34	0.58	3.96	5.52
處理後平均			0.33	0.14	0.13	0.17	0.30	2.00	5.19
處理前後の比	%		5	3	3	4	7	41	107
面積成長	mm ² .	1939	1155	550	495	375	295	173	68
		1940	808	377	364	354	299	221	118
處理前平均			982	464	430	365	297	197	93
		1941	0	0	0	0	15	19	149
		1942	110	33	28	30	43	205	216
處理後平均			55	17	14	15	29	112	183
處理前後の比	%		6	4	3	4	10	57	116

ヒノキ No. 41. 樹高 10.4m. 1941年春處理

枝下高處理前 3m. 後 7.9m.

高	さ	m	0.1	1.1	2.1	3.1	4.1	5.1	6.1	7.1	8.1
直 徑	mm.	1944	120	94	89	84	75	66	62	53	44
直徑成長	mm.	1939	4.63	4.00	4.13	4.20	4.28	4.63	5.10	4.85	5.30
		1940	3.25	2.50	1.95	2.50	3.08	3.48	3.70	4.10	4.50
處理前平均			3.94	3.25	3.04	3.35	3.65	4.06	4.40	4.48	4.90
		1941	0.25	0.33	0.38	0.35	0.38	0.40	0.45	1.40	5.20
		1942	0.15	0.23	0.30	0.43	1.20	2.13	3.55	5.10	6.05
處理後 2 年平均			0.20	0.28	0.34	0.39	0.79	1.27	2.00	3.25	5.63
處理前に對する比	%		5	9	11	12	22	31	45	73	114
		1943	0.50	0.68	0.80	1.28	1.85	2.70	4.45	4.65	4.45
		1944	1.90	1.80	2.05	2.30	2.98	3.20	3.65	3.75	3.50
處理後 3~4 年平均			1.20	1.24	1.43	1.79	2.42	2.95	4.05	4.20	3.98
處理前に對する比	%		31	38	47	53	66	73	92	94	81
面積成長	mm ² .	1939	812	543	528	492	426	377	350	240	146
		1940	590	352	259	306	324	305	279	232	159
處理前平均			701	448	394	399	375	356	315	236	153
		1941	46	47	51	43	41	36	35	85	224
		1942	28	33	41	54	131	198	291	337	314
處理後 2 年平均			37	40	46	49	86	117	163	211	269
處理前に對する比	%		5	9	12	12	23	33	52	89	176
		1943	93	98	109	162	207	261	392	343	268
		1944	355	293	283	298	344	324	345	301	232
處理後 3~4 年平均			224	181	196	230	276	293	369	322	250
處理前に對する比	%		32	40	50	58	74	82	117	136	164

ヒノキ No. 37. 樹高 7.4m. 1941年春處理

枝下高處理前 2.2m, 後 5.8m.

高	さ	m	0.1	1.1	2.1	3.1	4.1	5.1	6.1
直 徑	mm.	1942	92	77	67	58	45	35	24
直徑成長	mm.	1939	6.00	5.30	4.76	4.58	4.68	5.30	4.80
		1940	4.06	3.70	3.52	4.02	4.56	5.78	5.50
處 理 前 平 均			5.03	4.50	4.14	4.30	4.62	5.54	5.15
		1941	0.00	0.00	0.04	0.16	0.30	0.80	7.00
		1942	0.70	0.35	0.31	0.64	1.50	4.70	5.20
處 理 後 平 均			0.35	0.18	0.18	0.40	0.90	2.75	6.10
處 理 前 後 の 比	%		7	4	4	9	19	50	118
面積成長	mm ² .	1939	794	581	454	366	267	172	26
		1940	569	432	359	349	293	238	74
處 理 前 平 均			682	507	407	358	280	205	50
		1941	0	0	4	14	20	37	163
		1942	101	42	33	58	104	238	171
處 理 後 平 均			51	21	19	36	62	138	167
處 理 前 後 の 比	%		7	4	5	10	22	67	335

第 20 表 樹冠の頂部 $\frac{1}{2}$ を残した場合

ヒノキ No. 42. 樹高 10m. 1941年春處理

枝下高處理前 3.4m, 後 6.5m.

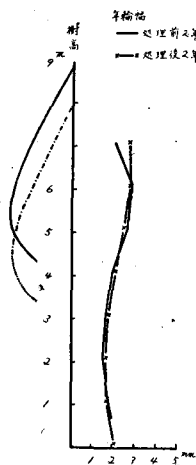
高	さ	m	0.1	1.1	2.1	3.1	4.1	5.1	6.1	7.1	8.1
直 徑	mm.	1944	129	106	99	93	83	74	64	50	31
直徑成長	mm.	1939	8.50	6.55	5.80	5.70	5.80	6.60	6.50	5.25	4.20
		1940	3.20	2.20	2.95	3.10	3.80	4.40	4.70	5.50	4.30
處 理 前 平 均			5.85	4.38	4.38	4.40	4.80	5.50	5.60	5.38	4.25
		1941	1.62	1.15	1.25	1.30	1.70	2.10	3.10	4.70	3.60
		1942	3.43	2.30	2.25	2.50	2.65	3.20	4.70	6.40	4.30
處 理 後 平 均			2.53	1.73	1.75	1.90	2.18	2.65	3.90	5.55	3.95
處 理 前 に 對 する 比	%		43	39	40	43	45	40	70	104	93
		1943	3.80	2.80	2.60	2.80	3.20	3.80	5.10	5.60	4.75
		1944	4.20	3.40	3.30	3.15	3.00	3.40	4.30	4.80	4.65
處 理 後 3—4 年 平 均			4.00	3.10	2.95	2.98	3.10	3.60	4.70	5.20	4.70
處 理 前 に 對 する 比	%		69	71	67	68	64	65	84	97	110
面積成長	mm ² .	1939	1449	935	763	692	599	558	397	168	48
		1940	575	329	408	398	421	410	328	222	78
處 理 前 平 均			1012	632	586	545	510	484	363	195	63
		1941	297	175	177	171	196	206	235	228	88
		1942	643	356	325	337	314	328	386	366	131
處 理 後 平 均			470	266	251	254	255	267	311	297	110
處 理 前 に 對 する 比	%		46	42	43	46	50	55	86	152	175
		1943	734	445	386	389	394	410	458	373	179
		1944	837	557	505	452	384	386	418	359	209
處 理 後 3—4 年 平 均			786	501	446	421	389	398	438	366	194
處 理 前 に 對 する 比	%		78	80	76	78	76	82	121	124	308

ヒノキ No. 48. 樹高 9.0m, 1941年春處理
枝下高處理前 3.2m, 後 5.5m.

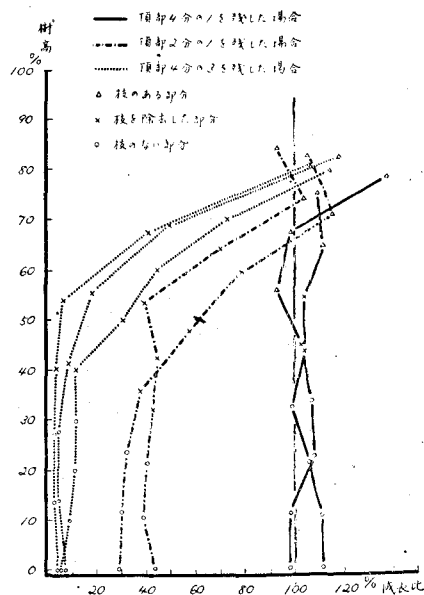
高 さ m		0.1	1.1	2.1	3.1	4.1	5.1	6.1	7.1
直 徑 mm.	1944	130	96	90	85	76	66	51	31
直徑成長 mm.	1939	6.80	6.13	5.35	5.50	5.65	5.40	4.50	3.00
	1940	4.20	3.70	3.55	3.45	4.00	4.00	3.80	3.40
處 理 前 平 均		5.50	4.92	4.45	4.48	4.83	4.70	4.20	3.20
	1941	1.70	1.50	1.43	1.60	2.60	3.10	4.60	2.70
	1942	1.40	1.45	1.45	1.80	3.00	4.30	4.90	4.00
處 理 後 平 均		1.60	1.48	1.44	1.70	2.80	3.70	4.75	3.35
處 理 前 に 對 する 比 %		29	30	32	38	58	79	116	105
	1943	2.30	2.25	2.38	2.25	3.00	3.60	3.80	3.60
	1944	2.70	2.50	2.65	2.70	3.10	3.30	3.50	3.90
處 理 後 3—4 年 平 均		2.50	2.38	2.52	2.48	3.10	3.50	3.70	3.80
處 理 前 に 對 する 比 %		45	48	57	55	63	74	88	119
面 積 成 長 mm ² .	1939	1221	785	638	609	510	377	199	56
	1940	790	502	448	406	391	309	193	81
處 理 前 平 均		1006	644	543	508	451	343	196	69
	1941	328	210	186	195	268	257	264	77
	1942	273	206	113	224	322	381	318	135
處 理 後 平 均		301	208	150	210	295	319	291	106
處 理 前 に 對 する 比 %		30	32	28	41	64	93	148	154
	1943	456	326	322	287	336	342	272	143
	1944	546	372	369	355	363	331	271	178
處 理 後 3—4 年 平 均		501	349	346	321	350	337	272	161
處 理 前 に 對 する 比 %		50	54	64	63	78	98	139	234

此場合供試木に於て力枝と見らるゝ枝は残され、夫より下の枝が除去される事になる。ヒノキに

第 16 圖
樹冠頂部を
残した場合
ヒノキ 9 號



第 18 圖
ヒノキ側枝除去に伴う年輪幅の變化



は力枝より下に生枝が散在状に可
なり低く迄ついているものである
が、何れも伸長衰え葉の量も少
い。之等の枝はその基部に年輪の
形成を欠くものが多いとされ、之
等を除く事は幹の成長を損しない
のみでなく、其枝の生活に要する
物質の消耗を省く意味に於て幹の
成長に有利であると考えられてい
る。此實驗の結果によつて見ても
枝下にて處理前より多少成長の増
加が認められる。(第21表, 第16
圖参照) 併し成長は年によつて消
長があるものであるから、之が果

第 21 表 樹冠の基部を除去した場合
 ヒノキ No. 6. 樹高 9.6m. 1941年春處理
 枝下高處理前 3.4m, 後 5.2m.

高 さ m	0.1	1.1	2.1	3.1	4.1	5.1	6.1	7.1	8.1
直 徑 mm. 1942	136	101	97	87	78	68	53	40	22
直徑成長 mm. 1939	6.65	4.23	4.23	4.53	5.05	5.83	5.45	6.60	
1940	6.58	6.10	6.53	6.98	7.10	7.25	7.18	6.80	5.48
處理前平均	6.62	5.13	5.38	5.76	6.08	6.54	6.32	6.70	
1941	7.83	5.25	5.53	5.33	5.95	6.63	7.13	7.23	6.05
1942	6.83	6.15	5.80	6.00	6.23	6.90	6.85	7.38	6.35
處理後平均	7.33	5.70	5.67	5.67	6.09	6.77	6.99	7.31	6.20
處理前後の比 %	111	111	106	99	104	104	111	109	
面積成長 mm ² . 1939	1789	543	509	470	444	402	252	154	
1940	1222	832	841	787	692	574	402	231	61
處理前平均	1006	688	675	629	568	488	327	193	
1941	1542	763	765	653	641	597	480	325	122
1942	1429	949	854	788	730	695	536	416	190
處理後平均	1483	856	810	721	686	646	508	371	156
處理前後の比 %	140	125	120	115	120	133	155	193	

ヒノキ No. 9. 樹高 8.9m. 1941年春處理
 枝下高處理前 3.3m, 後 4.7m.

高 さ m	0.1	1.1	2.1	3.1	4.1	5.1	6.1	7.1
直 徑 mm. 1942	135	98	92	82	75	65	51	30
直徑成長 mm. 1939	1.96	1.50	1.45	1.66	1.94	2.49	2.60	1.70
1940	2.20	1.98	1.60	1.79	2.06	2.85	3.03	2.31
處理前平均	2.08	1.74	1.53	1.73	2.00	2.67	2.82	2.01
1941	2.09	1.81	1.45	1.74	2.03	2.78	3.23	3.05
1942	1.99	1.61	1.84	1.93	2.19	2.21	2.35	2.45
處理後平均	2.04	1.71	1.65	1.84	2.11	2.50	2.79	2.75
處理前後の比 %	98	98	108	107	106	93	99	138
面積成長 mm ² . 1939	394	180	197	198	207	218	168	56
1940	449	290	221	218	226	261	209	83
處理前平均	422	235	209	208	217	240	189	70
1941	434	270	203	217	229	267	239	123
1942	420	245	263	246	254	221	184	109
處理後平均	427	258	233	232	242	244	212	116
處理前後の比 %	102	110	112	111	112	102	112	167

して処理の影響であるか否かを定めるには同年次の無処理標準木の成長経過と對比する必要があるが、それも個體によつて可なり相違があり、決定的な判断にはなお多数の實驗を要するであろう。之等の枝の除去の程度と幹の直径成長に及ぼす影響を一括圖示すると第18圖の如くなる。

V. 樹冠の頂部 $\frac{1}{4}$ を除去した場合

此結果は枝下にて殆んど差なく、頂部にて年輪幅は少々減ずるが面積成長は寧ろ増加している。之をアカマツの頂部枝階2階迄を除いた場合に比較すると影響の程度が僅少である。(第22表参照)

第 22 表 樹冠の頂端 $\frac{1}{4}$ を除去した場合
ヒノキ No. 10. 1941年春處理. 樹冠 7.7m.
以上を除く、枝下高 4m.

高	さ	m	0.1	1.1	2.1	3.1	4.1	5.1	6.1	7.1
直 径	mm.	1942	116	89	81	74	65	53	36	20
直径成長	mm.	1939	4.78	3.80	3.65	3.90	4.45	5.60	5.10	3.68
		1940	5.75	4.68	4.73	5.00	5.75	6.30	5.95	4.68
處理前平均			5.27	4.24	4.19	4.45	5.10	5.95	5.53	4.18
		1941	5.08	4.55	4.20	4.88	5.03	5.03	4.65	3.30
		1942	4.98	4.43	3.88	4.40	4.60	4.50	4.10	2.45
處理後常均			5.03	4.49	4.04	4.64	4.82	4.77	4.38	2.88
處理前後の比	%		96	106	97	104	95	80	79	69
面積成長	mm ² .	1939	710	436	382	356	334	306	154	45
		1940	928	568	527	491	478	403	231	91
處理前常均			819	502	455	423	406	355	193	68
		1941	863	586	497	517	461	367	219	80
		1942	880	601	484	498	456	362	222	72
處理後平均			872	593	491	508	459	365	221	76
處理前後の比	%		106	118	108	120	113	103	114	112

VI. 樹冠の片側の枝を除去した場合

此結果年輪幅は枝下にて處理前の 60~70% になるがアカマツの同様の場合に比べて少々大である。枝を除いた側と除かざる側によつて年輪の幅は殆んど變らない事アカマツの例と同じである。(第23表及前掲第13圖参照)

VII. 樹冠の中央にて樹冠長の約 $\frac{1}{2}$ に相當する部分の枝を除去した場合

此處理によつて樹冠は上下二段に分れる。其結果第24表に示した如く上部樹冠の直下にて實驗Ⅱの場合と同様急に年輪幅が減少し處理前の10%以下となるが、下部の枝の下にて少々増加し、根際にて更に廣くなる。實驗Ⅳに於て下方の成長の衰えた枝は幹の成長に與らないと見られたが、上部

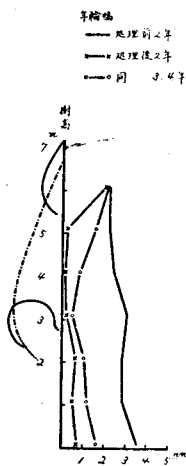
第 23 表 樹冠の片側の枝を除去した場合

ヒノキ No. 26. 樹高 10m. 1941年春處理

樹冠 8.5m 以下は處理の際片側の枝を除かる

高 　　き 　　m	0.1	1.1	2.1	3.1	4.1	5.1	6.1	7.1	8.1
直 　 徑 mm. 1941	121	101	91	82	73	65	55	42	31
直徑成長 mm. 1939	2.33	2.10	2.08	2.58	3.18	3.50	4.13	4.43	4.68
1940	3.25	3.15	3.28	3.50	4.15	4.38	5.73	6.58	6.73
處 理 前 平 均	2.79	2.63	2.68	3.04	3.67	3.94	4.93	5.51	5.71
1941	2.18	1.78	1.88	2.18	2.25	3.60	5.38	5.50	7.33
處 理 前 に 對 する 比 %	78	68	71	72	61	92	108	100	128
面 積 成 長 mm ² . 1939	419	312	276	303	327	305	273	195	105
1940	599	481	448	428	450	408	422	346	211
處 理 前 平 均	509	397	362	366	389	357	348	271	158
1941	411	279	265	276	255	358	441	341	311
處 理 前 に 對 する 比 %	81	70	73	75	66	100	127	126	197

第 17 圖
樹冠の中部を除去した場合
ヒノキ48號



の枝を除く時は夫等の枝の存在も幹の成長に與る様になると見られる。

(第17圖参照)

以上述べた様な種々の程度に枝を除去した場合、幹の肥大成長に及ぼす影響に就ては從來より枝打の研究に關連して多數の報告がある。TH. HARTIG (1856)はカラマツ及びマツに就て枝の除去後2年目に著しく幹の下部の成長の減ずる事を認め、NÖRDLINGER(1861)はマツに就て樹冠

第 24 表 樹冠の中央部にて枝を除去した場合

ヒノキ No. 24. 樹高 7.8m. 1941年春處理. 枝下高 2.5m.

處理の際樹冠 3—5m の範圍の枝を除く

高 　　き 　　m	0.1	1.1	2.1	3.1	4.1	5.1	6.1
直 　 徑 mm. 1941	115	76	66	55	43	34	26
直徑成長 mm. 1940	4.00	2.56	2.92	3.40	3.62	3.72	3.75
1941	1.25	0.76	0.52	0.32	0.30	3.98	6.90
處 理 前 後 の 比 %	31	30	18	9	8	107	184
面 積 成 長 mm ² . 1940	690	295	287	276	223	135	70
1941	321	89	53	27	19	168	186
處 理 前 後 の 比 %	47	30	18	10	9	124	266

ヒノキ No. 48. 樹高 7m. 1941年春處理. 枝下高 1.8m.

處理の際樹冠 2.6—5.5m の範圍の枝を除く

高	さ	m	0.1	1.1	2.1	3.1	4.1	5.1	6.1	
直	徑	mm.	1944	96	78	72	58	47	34	22
直徑成長	mm.	1939	4.45	3.60	3.45	3.70	2.60	2.15	1.90	
		1940	2.60	2.18	2.20	2.40	2.30	2.25	2.65	
處理前平均			3.53	2.89	2.83	3.05	2.45	2.20	2.28	
		1941	0.65	0.50	0.55	0.15	0.10	0.10	2.30	
		1942	0.85	0.63	0.70	0.30	0.20	0.45	2.00	
處理後平均			0.75	0.57	0.63	0.23	0.15	0.28	2.15	
處理前に對する比	%		21	20	22	7	8	13	95	
		1943	1.25	1.20	1.15	0.40	0.65	1.20	1.90	
		1944	1.28	1.15	0.90	0.60	1.05	2.00	2.40	
處理後3—4年平均			1.27	1.18	1.03	0.50	0.85	1.60	2.15	
處理前に對する比	%		36	41	36	16	35	73	95	
面積成長	mm ² .	1939	609	399	351	304	169	91	29	
		1940	370	252	234	209	158	103	50	
處理前平均			490	326	293	257	163	97	40	
		1941	94	58	60	13	7	5	53	
		1942	124	76	77	27	14	22	52	
處理後平均			109	67	69	20	11	14	53	
處理前に對する比	%		22	21	24	8	7	14	132	
		1943	185	144	127	36	47	59	56	
		1944	192	140	101	55	77	104	78	
處理後3—4年平均			189	142	114	46	67	82	67	
處理前に對する比	%		39	43	39	18	41	85	168	

の下部 $\frac{1}{3}$ を除く程度では幹の成長に關係しないが、夫以上を除くと幹の基部の肥大成長を減じ頂部の肥大成長は増加すると述べている。R. HARTIG (1872) はマツの枝を種々の枝階に迄除去する實驗を行い、9~10階の生枝の中7階より上を除いたものに影響が現れ5階より上を除いたものには幹の基部に年輪の形成を缺くものが見られるとした。KUNZE (1875) も亦同様の實驗を繰返し、枝打によつて枝下の肥大成長を減ずる事により強度の鬱閉状態にある樹木と同様幹の形數を大ならしめる事が出来ると稱している。又 FRANKHAUSER (1912) はトウヒの枝打にて樹冠内の年輪幅は増加し、枝下より夫は減少するが地上3mの附近にて最も狭くなるとした。北海道林業試験場(1927)にてカラマツの枝打を行つた結果では力枝を残して夫より下の枝を除いた程度にても成長を減ずるとし、WECK (1938) は Douglasie にて樹冠の下部 $\frac{1}{3}$ を除いた場合には殆んど成長に影響はないと

述べている。KIENTZ (1928) はトウヒに就て翌年に枯れる如き位置にある下部の陰葉をもつた枝は除去した方が幹の成長に有利であると稱した。大平氏 (1930) はチョウセンマツにて力枝を除く程度に枝打したものは胸高断面積の成長の減少 9%, 2 枝階を残す程度にて 36% に及んだが、葉の単位重量に對する材積成長量は枝打の程度の大なる程増加すると述べている。又富満氏 (1939) はヒノキにて樹冠の下部 $\frac{1}{3}$ を除いた場合幹の肥大成長は胸高附近にて殆んど影響なく、樹高の $\frac{1}{2}$ の高さにて約 20% 増加したと言う。DAWNS (1944) は Eastern white pine にて生枝の階の 26~35% を除くと處理後 1~2 年成長を減ずるとし、HELMERS (1946) は Western white pine にて樹冠の下部 $\frac{1}{3}$ の枝を除く程度では影響はないが、疎立状態にあるものでは陰枝が少く、枝の除去による成長の減退が顯著に現れる傾向があると言う。

此様に枝の除去が幹の肥大成長に及ぼす影響の程度は樹種により、立地其他生育の状態によつて異なると見られるが、概括して次の様な傾向があると言う事が出来る。即ち樹冠の下部の枝は或程度迄除去しても幹の成長に關係しない。その限度は陰枝、伸長、成長の衰えた枝、力枝より下方にある枝と考えて略々差支えない。夫をこして上部の枝を除く時は枝の除かれた部分より下方にて幹の肥大成長を減ずる。しかし其減ずる程度は除かれた枝又は葉の量に比例するわけではなく、下位の枝程比較的影響が少い。枝を残した樹冠部に於ては年輪幅は處理前より増加する傾向があるが、著しく枝葉の量が減ずれば其部分も成長を減じて遂に枯死するものが現れる。其限度は残された葉の量にもよるが、幹の太いさにもより、幹の大なるもの程枯死の危険率が高くなる。

第 4 節 考 察

以上述べ來つたとゝろにより幹に於ける肥大成長が向基的に偏る傾向のある場合を挙げると次の如きものがある。

1. 樹冠内にて力枝の附近より上の部分,
2. 疎立状態にある樹冠の大なる樹木の枝下の部分,
3. 根際に近い部分,
4. 芽を除去した場合,
5. 輪截の上及下の部分,
6. 急に疎立状態となつた場合,

反對に肥大成長が向頂的に偏る傾向のある場合を挙げると

1. 鬱閉状態にある樹冠の小なる樹木の枝下の部分,
2. 樹冠の下部の枝を強度に除いた場合の枝下の部分,

3. 虫害等により著しく葉を失つた場合、一之に就ては

R. HARTIG (1896), SCHWARZ (1899), HERING (1932) 等の記載参照。

之等に年輪幅に就て言つたものであるが、年輪面積に就て見ても大體同様の事が言える。たゞ幹の梢殺の程度の相違により兩者必ずしも一致するとは限らない。年輪幅は形成層細胞の放射方向に於ける分裂回数に關係するが、細胞の徑は部分によつて相違するから細胞層の數と正しく比例するわけではない。又年輪面積は容積の成長に關係するが、部分によつて細胞膜の厚さ、從て比重が異なるから構成物質の使用量或は重量成長と正しく一致するわけではない。しかし大體に於て肥大成長の量的偏りに上述の様な傾向があると言つて差支えないであらう。

此肥大成長の縦斷的の偏りに對して從來述べられた説の主要なるものを挙げると次の如きものがある。

1. 皮部の放射方向に於ける壓迫の相違によるとするもの、
2. 頂部と基部に於ける成長開始及び休止の時期の相違による成長期間の差によるとするもの、
3. 樹冠に生ずる構成物質の配分状態によるとするもの、
4. 風による彎曲に基く機械的刺戟によるとするもの、
5. 上部樹體の荷重によるとするもの、
6. 水分通導の要求によるとするもの、
7. 水分及び土壤養分が影響するとするもの、
8. 成長素の分布状態に従うとするもの、

第1の皮壓の差によるとする説は SACHS (1868)⁵⁷⁾, VON MOHL (1869) 等によつて唱え出されたものであるが、KRABBE (1882) が實際に當つて之を測定し、針葉樹の場合肥大成長に際し放射方向に擴がらんとする力は10氣壓にも及ぶのに對し、皮部の壓力は0.5氣壓にも及ばないから皮壓によつて肥大成長が制限される様な事はないとした。此數字は今日再検討を要するとしても、兎に角樹皮は一般に幹の基部にて厚いにも拘らず、肥大成長は此部分にて大となる傾向がある事は上に述べた通りである。

第2の幹の頂部と基部に於て成長期を異にするとの説は VON MOHL (1869) 及び R. HARTIG (1871) によつて記載されている。肥大成長が幹の頂部より開始する事は TH. HARTIG (1858) がカラマツ及びカエデに就て、R. HARTIG (1885) が鬱閉林中のマツ、トウヒ、カラマツ等に就て夫々觀察しており、SWARBLICK (1926), PRIESTLEY (1932) 及び石部氏 (1937) 等の報告も同様の事を認めている、之に對し KNUDSON (1913), BROWN (1912) 等の異説もあるが筆者の調査では常緑樹にて必ずしも軸の最頂端より初まるとは言えないとしても大體に於て頂部より基部へ向つて

成長開始が進行する事が認められた。尤も之は R. HARTIG (1971) が想像している如く温度の相違によるものでない事は MAC DAUGAL (1938) が人工的に幹を加熱しても成長を開始するものではないと言う実験によつても覗われる。

又成長の休止の時期は R. HARTIG (1885), BROWN (1912), SWARBLICK (1926) 等何れも頂部より初まるとしているが, MÜNCH (1927) は被壓状態にある樹木に於ては基部より休止すると述べている。筆者の見るところではかゝる特別の場合は別として一般に頂部より基部に向つて成長の休止も進行し、根際の附近が最もおそく迄成長すると認められた。しかし成長量は必ずしも成長期間の長短によるものではなく、成長の速度にも関係する。TOPCUOGLU (1940) はトウヒに就て地上 6 m と 2 m の部分を比較し、成長期の初は前者に成長が速いが 6・7 月の候になるとそれが逆になると述べている。ともあれ樹冠の内部にて成長期は夫程の差があるとは思われないが、成長量は上部と下部に著しい差があり、之は成長の速さが相違したによると見るの他はない。

第 3 の營養物質の量の相違によるとの考えは TH. HARTIG (1856), PRESSLER (1865), NÖRDLINGER (1871), R. HARTIG (1871) 等によつて抱かれたものである。當時成長に與る同化物質は葉に生じて篩部を通つて下降し、又貯藏物質も一度材部を上昇して葉に於て篩部に移り、夫が下降して初めて形成層を養うと思われていた。従て構成物質は樹冠の内にあつては頂部より下方に向うに従い枝葉より下降するものを併せて次第に増加し、樹冠の下部にて最も多くなるが、枝下の部分にては基部に向つてもはや増加する事なく、むしろ夫が肥大成長に消費されるから次第に減少する事になる。肥大成長の配分は此下降する營養物質の量に支配されると言うのである。併し乍ら實際に於ける成長の配分は必ずしもかゝる関係に従わない。例えば年輪面積の最大部は樹冠の下端にあるとは限らず、又枝下にて一度減少しても根際の附近に再び著しく大となるものが多い。急に疎立状態になつた所謂受光成長に際しては樹冠部より最も遠い基部に向つて成長の偏る傾向がある。元來營養物質は嘗て考えられていた様に常に下降するのみとは限らず、成長を起す部分の関係によつて上昇もする事は、既に NÖRDLINGER (1874) も注意しており、近時 MÜNCH (1930, 1937) の強調するところである。

第 4 の機械的強度の要求が成長を促すとの思想は SCHWENDNER (1874)⁵⁷⁾ に發し、SCHWARZ (1899) METZGER (1908) 等によつて唱導された。此考えは幹が彎曲に對して各部同一の抵抗を示す如き形をなすと言う點から出たものであるが、實際の測定結果は必ずしも此の假定を満足しないと言われる。又 BURNS (1920) は實驗的に之を證明せんとし、幹を彎曲又は動搖して機械的刺戟を與えたのに成長が促される様な事はなかつたと報告している。併し JACOBS (1939) は Pinus 及び Eucalyptus の幹を針金にて固定し、風による動搖を防いだ場合成長が減退したのを認め、又

MÜNCH (1938) も隣接せる樹木に支えられて動搖する事のない状態にあつた トウヒ の幹の下部に成長が減少せる例を観察しているから、全然考慮の餘地なしとはいへぬ。實際に彎曲の刺戟が形成層の活動に影響するものであるならば、其處に何等かの理化學的な變化が見られるであろうとの豫想の下に種々の研究が行われている。例えば KRAUS は彎曲の凸側に糖分が増加し、細胞液の濃度の高くなる事を観測し、更に糖分の出現と共に屢々遊離酸の消失を見ると言う。又 MÜNCH (1927) も潤葉樹の幹にて彎曲の際に急に篩管液の膨壓の變化が起ると述べている。併しそれ等が成長に如何なる關連があるかは何等明かにされたわけではない。

第5の上部樹體の荷重によつて幹の各高さに於ける横斷面の面積が定められるとの説は HOHENADL (1924) の提唱したものである。彼は軸の彎曲に對しては Rotholz を生じ、荷重の増加に對しては斷面積の増加を以て應ずると考えたが、幹の各横斷面は夫々上部の靜荷重を支えるに必要以上に大であるのを普通とし、其根據薄弱であるとされている。

第6の水分通導の要求によるとの説は JACCARD (1915) によつて唱えられたが、實際水分の通導に與る邊材の幅は部分によつて異なり、又部分によつて水分の通導速度も同一とは思われないから立證の資料に乏しい。實驗的に材の一部に切目を入れて通導を遮つても癒傷組織は別として肥大成長が局所的に増大するとは見られない。

第7の水分及び土壤養分が肥大成長に影響するとの考えは PRESSLER (1865) 等にもある様であるが、R. HARTIG (1871) が根より吸収した礦物養分及窒素化合物は少くとも1部が幹の基部にて蛋白質態に轉じ之が其附近の形成層の活動を促すと假想し、受光成長に際し基部に肥大成長の大となる傾向を説明せんとした事は前にも述べた。しかし此事は彼 (1898) が別の機會に發表しているマツ及びカシの根を切斷して土壤養分の吸収を制限した場合に肥大成長は全體として減少するが成長の配分には影響しないと言う結果と矛盾するものであるとして SCHWARZ (1899) の論難せるところである。又 TOPCUOGLU (1940) は土壤養分の吸収の少い場合同化物質は樹冠の發達に用いられる事が少く、下降して基部の肥大成長を大ならしめると述べている。併し疎立状態にあつて樹冠の發達の大なる場合には寧ろ基部に肥大成長が偏る傾向がある事は上に述べた通りである。

第8の肥大成長が成長素の分布に支配されるとする見解は MÜNCH (1937) によつて述べられ、MAC DAUGAL (1938) にも見出される。成長には勿論構成物質を要するが、夫は消費に伴つて濃度の異なる方より轉流し來ると考えられ、形成層の活動を刺戟するものは成長素であると言う事は、SÖDING (1936)、筆者 (1940, 1949) 等の行つた摘葉、摘芽、輪截等により成長素の供給を絶つたところにはたとえ貯藏物質が存在しても肥大成長が停止し、之に成長素又はヘテロオーキシンの如き合成成長素剤を加うる時は構成物質の許す限り成長を開始すると言う實驗の結果によつても認め

られる。此成長素は主として葉によつて形成され、常に向基的に移動する事が知られているが、今此説に従て肥大成長に偏りの起る種々の場合を考えてみると次の様な事が言えるであろう。

先ず前述の實驗例中全く枝葉を除去した場合、幼齡木に於ても(AⅠ)、又30年前後の壯齡木にあつても(BⅠ)共に殆んど肥大成長は起らない。貯藏物質の存在も此處には役立たない。併し全く成長が起らないわけではなく精査すれば根際の附近に少許の新生假導管が見出される。成長に對して成長素の存在が必須のものであるならば、微量の成長素は幹にても生ずるか、或は殘留するものがあり、夫が下降し、基部にて集積し、或濃度に達して形成層の活動を促したと見るの外はない。

之に對して頂芽を残した場合(AⅡ)には芽の下にて或程度の新生細胞を生ずる。芽の伸長は貯藏物質によつて可能であり、芽は成長素の主たる給源となるものであるから、其下に肥大成長の起るのは當然である。併し樹高10mのアカマツにて頂芽のみを残した場合(BⅡ)肥大成長は下方遠く迄達しない。幹の頂芽のみの成長素によつて大なる幹全部に亙る形成層の活動を起す事は出来ないと言う事になる。此場合にも又別に基部に近く若干の肥大成長を認めるが、之は前述したと同様の關係によつて生じたものであらう。同じ處理を幼齡木に就て行つた場合は幹全體に肥大成長が起るが、之は樹高の小なるために基部に迄成長素が到達し得たものと見る事が出来る。

從來針葉樹の摘葉試驗に於て、或は肥大成長が僅に減するのみであるとし、或は殆んど成長せずして枯死すると記載されているが、之は摘葉の時期にもよるが供試木の大小も關係すると思われる。MÜNCH(1938)は成長素を形成層活動を促すのみならず、その生活を保つに必須のものと見てゐるが、枝葉の除去により大徑木程、多量の貯藏物質を有するにも拘らず寧ろ枯死し易いのは成長素の缺乏が全樹幹の生活を支るに足らないからであると見る事が出来る。SÖDING(1937)は形成層が芽の成長素によつて一度活動を開始する時は、自ら成長素を生ずる能力があり、夫が下降して逐次下方の形成層の活動を促すと稱しているが、一個の頂芽の存在が大なる幹の基部に迄肥大成長を起さしめ得ない事、或は成長期中に輪截を行う時は間もなく處理部より下にて肥大成長が停止する事實等から見て、其様な事が假にあるとしても僅少の程度と思われる。

芽を除去した場合肥大成長は頂部に減少し基部に増加する。此現象は營養説によつても、機械的刺戟説によつても説明されなかつたものである。芽を除いた場合にも常綠樹に於ては舊葉が残るが、其舊葉は成長素の給源としては新葉に比べて甚しく劣るが、同化作用の能力はマツ類にて少くとも成長期の前半は衰えない事が知られている。従て舊葉より生ずる成長素によつては頂部の形成層活動が促される程度は比較的少いが、夫が下降し基部に集積するものとするで基部に肥大成長が偏る理由は一應説明される。

又成長素は形成層乃至夫より外部の組織によつ傳達されると見られているが、輪截せる場合其上

部の肥大成長が下方に向つて偏る傾向を示すのも、輪截によつて成長素の下降が遮断され、輪截の上部に集積すると考えれば肯れる事であろう。輪截の下部にて枝葉のない場合肥大成長が停止するのは勿論成長素の缺乏による事は既に實證されたところである。

之に對して頂芽が伸長し、葉が伸びる時は肥大成長が頂部にも大となり、其下枝を除去すれば成長が向頂的な偏りを現すのは頂芽が特に多くの成長素を供給するからであると見る事が出来る。しかし樹冠内に於ては幹の肥大成長は常に向基的に大となるが、之は下に向うに従い枝より下降する成長素が合流して増加するからであると見て別段の不思議はない。

鬱閉状態にあつて樹冠の高いものの枝下の部分では下方に向つて成長が常に減少する。此部分には成長素は新しく加わらないから幹の周囲が下方に向い増加すると共に形成層の單位の長さに対する成長素の量は少くなるのは當然であり、横断面に於ける總量から言つても下降するに従い成長に成長素が費消されるものとする次第に減少する筈である。尙此場合には成長素のみならず營養の關係も輕視する事は出来ない。成長には勿論組織の新生に要する構成物質の供給を條件とし、其供給は同化組織より遠ざかる程困難と考えられるから、樹冠の發達の不良なる被壓木等にては基部に於て構成物質の缺乏も考えられる。虫害等によつて葉を失つた樹木の基部に年輪の狭くなる事等も同様の理によるであろう。

反對に疎立状態にあつて樹冠の大なる樹木は枝下に於ても基部に向つて常に成長の増加する傾向がある。疎立状態にある樹木は下枝の枯れ上る事が少く、生枝が低く迄ついて幹全體が樹冠内にある如き形をなす事もあるが、從來鬱閉状態にあつて枝下の高くなつたものに於ても疎開された場合枝下を基部に向つて成長の大となる傾向が見られる。此場合枝下に萌芽を生じ易く、それによつて樹冠が低くなれば下部に成長の増すのは當然であるがマツ等では萌芽を生ずる事がなく、急に樹冠の大きさを増すとは見られない。併し樹冠の受光が増加する事により同化物質の生産が増大する事は考えられる。之に對し成長素の形成は急に夫程増すとは思われないから成長素分布は比較的頂部に少く、基部に下降集積せるところに大となつて、向基的な配置をとると考える事は出来る。しかも同化物質は受光の大となると共に豊富となるから各部分の成長の要求に應じて其供給が可能となり、夫々の部分の成長を遂げしめる様になるとするならば兎も角此現象の説明はつくであろう。樹冠の小さな被壓状態にある樹木は疎立せしめても成長が向基的な配分をとる事は少いと R. HARTIG (1888) も記載しているが、かゝるものでは受光が増加しても同化物質の生産は夫程増加しないからであろう。實際 KIENTZ (1928) はトウヒに就て陰枝の葉が急に強い光に曝されると寧ろ障害を來し遂に枯死するものと述べている。

枝打の際力枝より下の陰枝を除いても幹の成長に殆んど影響しないが、かゝる枝は伸長も少く從

て新葉に乏しく成長素の形成も亦従て少いと考えられ、事實夫等の基部には既に肥大成長の停止せるものが多いと言われているから、幹に成長素を附與する事は殆んどなく、おそらく同化物質を供給する事もないと見て差支えないであろう。力枝より上の枝を打つ時は、除去せる部分より下への成長を減ずる。此際成長の減ずるのは同化器官が減少するから當然の事である。而して枝打の部分より下の成長のみが減ずるのは枝より来る成長素の流入が除かれるによると見るの他はない。強度の枝打の場合枝下の成長の減少は第7圖にも見られる如く枝打部にて急に現れるが、之は樹冠の上部にては幹の徑が下方に向つて急に大となつてゐるから成長素の流入が之に伴わない時は形成層輪の單位の長さに対する成長素の量が急に減少するによると考える事が出来る。

枝打に際し枝を残した樹冠の上部にて從來より年輪幅の増加するのを見る事がある(BⅣ)。樹冠内に於ける年輪幅の最大部は第3圖にて見られた如く枝打を行わないものにては樹高の大となると共に次第に上部に推移するものであるが、枝打によつて其傾向が著しくなるとすれば、それは下枝の除去により上部の枝及び葉の伸長が大となり、成長素の形成も頂部に増加するによるとも見る事が出来よう。

樹冠の頂部を除く時は(BⅥ, CⅤ)芽を除去した場合と同様上部の肥大成長を減ずるが、更に其影響は下方にも及び、除かれた葉の量に比較して成長減退の程度が著しい。樹冠の頂部は幹の成長素給源として主要の位置を占めるからでもあり、又同化作用が下部の枝より盛であるからでもあらう。

以上を要するに肥大成長は MÜNCH (1937A) も述べている通り基部に向つて偏る一般的の傾向があり、更に頂部の伸長に應じて之を上部にも配分せしむる傾向が現れる。前者は成長素が下降し基部に集積して其部の形成層の活動を促す事によつて起り、後者は芽、特に伸長の著しい頂芽が成長素を豊富に供給するから其附近に成長素の量が多く、之が肥大成長を刺戟するによると見られる。併し成長は固より成長素の刺戟のみによつて起るものではない。新生組織の構成に要する物質の補給を條件とする。其補給が十分なる時にのみ各部の要求に應じて成長を遂行し得る。其補給が不足する時は成長素の刺戟の強弱と構成物質の轉流の難易によつて成長の配分が定まると見るべきである。

尙此處に機械的刺戟に就ても一應考慮する必要がある。前に述べた JACOBS (1939) が風による動搖を制限した樹木に於て肥大成長が減少したと言う實驗は更に繰返して確かめる必要はあるが、其結果が示す如く動搖によつて肥大成長が促されるものであるならば、夫は直接形成層の細胞分裂を促すと見るよりも、物質の轉流或は理化學的變化を促す事によつて成長に影響するものではあるまいか。

幹の根際部は一般に年輪幅の大となる傾向があり、俗に“根張り”の影響と言われている。此現象は風に對して樹體支持上有利な形と見られ、從來より目的論的な説明が行われており、根際は重搖による機械的刺戟の大なるによると言われている。併し JACOBS が風による動搖を防いだ實驗に於ても此部分は依然として成長の大なる傾向を失つておらぬ。成長素説の立場よりすれば、此處に成長素が集積するとするのであるが、更に此場合には側根の影響も確に主要な理由とせねばなるまい。

形成層が縦の方向に彎曲した場合其凹側に於て年輪幅が大となる傾向があるものであるが、之は肥大成長と共に形成層の縦の長さが短くなり、從て形成層の細胞分裂及伸長成長に際し、伸長すべき空間が制限され、細胞は皺曲し或は重疊する様になるからであると認められる。此現象は側根が幹に連なる部分の他成長しつつある枝と幹との連なるところにも見られる。但し分岐の内角にては形成層の細胞は兩軸に對して切線方向に外れる様に排列するから此事は起らない。

第 5 節 樹木に於ける成長素の分布

上述の如く考えるならば肥大成長の配分は成長素の分布と構成物質の轉流の關係によつて略々説明し得るものの様であるが、成長素の分布が果して豫想される様な傾向をとるか否かは夫だ十分立證されたわけではない。實際樹木に就て成長素を定量した記録は甚だ少く、ZIMMERMANN (1936), SÖDING (1937), AVERY, BURKHOLDER (1937), MIROV (1941) 等の斷片的な記載を見るにすぎぬ状態である。

筆者は⁵²⁾別報に於てクロマツに就き

1. 幹に於ては春芽の伸長を始めると共に芽に多くの成長素が現れ、更に 2 年軸以下にも夫が増加し、秋肥大成長の終る頃迄存続する事。秋末頂部より成長素は減少し初め基部に最もおそく迄残る事、
2. 芽又は新葉を除去すると其下の軸に成長素を減少するが、舊葉の存在する場合全く消失はしない事、
3. 芽及葉の全部を除去すると成長素は全く消失する事、
4. 輪截を行うと夫より下に葉のない場合は成長素が消失し、其消失は向基的に進行する事、
5. 光を遮斷すると成長素の量が減する事、

等の傾向を認めたが、更に此處に本題目に關連する測定の結果に就て述べておく事とする。測定方法及び表示方法は先に筆者 (1942) の發表せる通りである。

A. 主軸と側軸に於ける成長素の相違

クロマツ主軸頂部に於ける主芽と側芽或は2年軸部の成長素を比較すると第25表に示す如く常に主芽に於て大なる事が認められ、尙表によつて見ると芽の伸長中は兩者の差が少く、伸長の終つた7月以後に側芽にて特に減少する傾向がある。

第 25 表 主軸と側軸の成長素の比較

測 定 時	主軸, 新芽條中央	側軸, 新芽條中央	差
4. 8	8.6°	8.9°	-0.3°
4. 14	4.0	4.0	0.0
6. 2	12.2	11.4	0.8
6. 30	19.6	10.7	8.9
7. 18	17.4	4.5	12.9
9. 4	21.2	13.1	9.1
10. 8	20.0	4.0	17.0
	主軸, 2年軸中央	側軸, 2年軸中央	差
4. 8	8.9°	1.0°	7.9°
4. 14	6.0	1.5	4.5
4. 21	10.1	1.4	9.7
4. 28	12.7	9.3	3.4
5. 5	13.4	8.6	4.8
6. 30	18.6	6.1	12.5

(成長素量は横断面上形成層1cmに對する燕麥平均屈曲度にて示す,
以下の表にても同じ)

B. 枝階による成長素の相違

ZIMMERMANN (1936) は Buche に就て芽の成長素は頂部のもの程多いが, Linde の如く基部の芽の伸長が大なる傾向のあるものでは成長素も基部の芽に多く, 又 Fichte にて主軸頂芽よりも枝の頂芽の方が先に伸び初めるものでは, 其當時枝の成長素が多いと述べている。

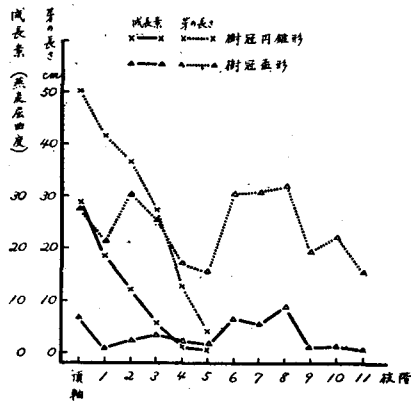
筆者がクロマツ又はアカマツの各枝階の頂部主芽にて比較したところによると第26表に示す如く一般に上位の枝階に於けるもの程成長素が多いと見る事が出来るが, ウツクシマツの如く主軸より

第 26 表 側枝各階の頂芽の成長素比較

測 定 時		主軸	1階	2階	3階	4階	5階
4. 23	成 長 素 °	14.1	15.9	8.9	0.8	0.0	1.4
	芽條の長さ cm	17.0	15.8	11.2	9.8	8.0	5.5
4. 30	成 長 素 °	22.7	15.1	3.0	2.0	0.8	
	芽條の長さ cm	18.0	20.5	13.0	12.0	4.0	
5. 21	成 長 素 °	—	30.4	18.9	8.3	0.0	0.0
	芽條の長さ cm	50.0	37.0	28.0	19.0	8.0	2.0
6. 11	成 長 素 °	18.3	17.6	0.1	6.5	2.2	0.7
	芽條の長さ cm	36.0	36.0	20.0	24.0	25.0	5.0

第 19 圖

樹冠圓錐狀をなせるものと盃狀をなせる
ものとの於ける枝の頂芽の長さや成長素
(材料アカマツ)



も枝の芽の方が長く伸びる様な材料を選んで調査すると第19圖に示す様に成長素の量も略々芽の伸長量に比例して枝の方に大なるものがある事が認められる。

C. 枝の各部に於ける成長素の分布

1個の枝に於ても部分によつて成長素の分布の相違する事が想像される。之に關し各階毎に代表的な大いさの枝を選んで測定したところによると第27表に示す通りである。

概括して同じ年次の年軸に就て言えば上位の枝階のもの程成長素が多く、1コ of 枝に就て見ると1年軸より2～3年軸に多く夫より基部に向い減少する傾向がある。芽の伸長の少い下位の陰にある枝等では基部の年軸に成長素の検

出されない部分がある。

第 27 表 側枝に於ける成長素の分布

測 定 時	年 軸		8	7	6	5	4	3	2	1
	枝	階								
4. 30	上より	II							7.9	6.4
		III						4.9	15.0	7.1
		IV					5.9	5.3	19.6	8.3
		V				+0.2	6.1	4.3	18.1	9.6
		VI			8.6	7.7	3.9	4.7	6.7	10.5
		VII		1.8	0.0	0.0	0.0	0.6	0.0	0.0
		VIII	1.0	0.0	0.0	0.7	0.0	0.5	0.0	0.0
7. 9		I								6.1
		II							14.9	6.8
		III						16.1	22.6	11.6
		IV					0.0	4.2	4.5	6.8
		V				0.0	0.0	0.4	2.4	0.7
		VI			0.0	0.0	1.2	0.9	0.0	0.0
		VII								2.5
10. 10		I							10.6	0.6
		II						6.9	6.3	1.0
		III								
		IV					13.1	4.0	1.0	0.9
		V				+0.9	0.8	2.0	1.6	0.0

アカマツ26年生. 樹高11mのものに於て

D. 根に於ける成長素

根に於て成長素は基部より先端に向い移動すると見られ、先端側の切口より寒天に擴散される。

其量は幹に比べて少く、又一般に側根は主根より少く細い先端部は基部より少くなる傾向が認められる。第28表は其測定例である。

第 28 表 主根と側根に於ける成長素の比較
(クロマツ幼齡木に於て)

測 定 時	主 根 (地下 8 cm)	側 根 (基部より 4 cm)	差
1. 30	0.0°	0.0°	0.0
4. 21	4.6	0.0	4.6
4. 28	5.8	3.7	2.1
5. 5	5.5	3.2	2.3
5. 7	12.2	5.1	7.1
5. 19	4.0	0.5	3.5
6. 2	5.5	0.5	5.0
6. 16	5.2	4.3	0.9
6. 30	7.0	2.3	4.7
7. 22	5.8	1.9	3.9
8. 18	8.7	4.6	4.1
9. 29	18.2	2.1	16.1
10. 6	10.8	7.9	2.9
11. 10	4.2	1.9	2.3
11. 27	1.6	0.0	1.6
12. 8	2.7	1.7	1.0

E. 幹に於ける成長素の分布

成長素の分布は時期によつて多少相違があると見られ、⁵²⁾別報に述べたクロマツ幼齡木の例では成長期の初期には頂部に稍々多く、其後各部に同様となり成長期の終に近附くと頂部より減少するから基部に多い配置をとつている。

壯齡木に就ては測定例に乏しく明かでないが鬱閉状態にある林木に就て調査した二三の例によると樹冠内では頂部より下へ或程度迄増加し、枝下にては被壓木の場合急に減少して根際に於ても増加しないが、優勢な樹木では枝下を基部に向い一度減少し根際に急に増加しているのが見られる。(第29表参照)

第 29 表 樹幹に於ける成長素の分布
(優勢木及び被壓木に於て)

測 定 時	高	さ	m	0.0	0.5	1.5	5.1	6.5	7.5	9.5
5. 28	被壓木	徑	mm	49	40	37	27	17	6	
		成長素	°	1.8	1.8	1.2	1.3	8.1	5.7	
6. 4	優勢木	徑	mm	147	120	110	78	—	46	5
		成長素	°	22.0	3.0	7.5	7.7	—	11.7	7.5

又、枝を全く除去した実験(AⅣ)の例に就て測定したところによると各年軸に殆んど差がなく、之を無處理の疎生せる標準木と比較すると1年軸にて略々同様、夫より下の年軸にては常に枝を除いたものに少いのが認められる。(第30表)

第 30 表 樹幹に於ける成長素の分布
(側枝を除去せるものに於て)

測 定 時	年 軸	11	8	6	5	4	3	2	1
9. 29	強度枝打	10.6°	10.7°	8.9°	8.6°	10.0°	9.7°	11.9°	9.4°
	標 準	15.4	13.2	16.7	18.1	17.8	18.3	20.0	10.6

以上測定例が十分でないから更に研究を要するが、凡そ主軸頂部の芽に成長素が多く、下位の枝に至るに従い夫が乏しい事、被壓状態にある樹木、強度に枝を除いたもの等にて幹の成長素が少い事等を覗う事が出来るであろう。只此處に問題となるのは寒天に擴散し來る成長素が果して形成層の活動に關與する成長素の量を示すか否かである。若し成長に當り成長素が消費されるとすれば、成長の盛な部分にては成長素の擴散は却つて少くなるかもしれぬ。又成長素は向基的に移動する事は知られているが、結局夫が基部又は根に入つて如何なる運命をとるかも明瞭を缺く。

摘 要

本論文は樹木の肥大成長の縦斷的配分に就て考慮したものである。針葉樹を材料として調査したところによると幹の年輪に就て凡そ次の様な傾向が認められた。

1. 樹冠内に於て幹の年輪幅は頂端より下方に向い枝の數を加うる毎に廣くなる。しかし伸長成長の衰えた、新葉を生ずる事の少い枝の附近より下は年輪幅増加の傾向が少くなり、むしろ多少減少する傾向をあらわす。

2. 枝下の部分にては樹冠の發達状態によつて相違がある。強度の鬱閉状態にあり、樹冠が小さく且枝下の高いもの、甚しい被壓状態にあるもの等では上より下に向つて常に年輪幅が狭くなる。樹冠の發達少々良好にて多少側壓を受ける程度の成長中庸の樹木では上より下に向つて初め、僅宛、年輪幅を減ずるが基部に近いある點にて最小を示して夫より根際に向い急に大となる。此最小點の位置は樹高の大となるに従て或程度迄高くなるが、必ずしも、樹高又は枝下高に比例するものでなく、又年によつて變化がある。

樹冠の大なる優勢木では枝下に於ける年輪幅減少の程度が少く、疎立状態にあつて樹冠の發達よく、枝下の低いものでは枝下にて殆んど年輪幅を減ぜず寧ろ増加し、特に根際にて著しく廣くなる。

3. 年輪の面積に就て之を見ても略々上記の様な關係は認められるが、幹形の梢殺の程度によつて必ずしも一致せず、樹冠内に於ける最大點は年輪幅の最大なる位置より稍々低いところに現れ、枝下に於ける最小點は年輪幅の最小なる位置より高く、樹冠に近いところになる傾向がある。

幹に於ける肥大成長の配分は上述の如く樹冠の發達狀態によつて相違するが、人工的に枝又は葉の量及び分布の狀態に變化を與うれば、また肥大成長の配分にも影響が現れると考えられ、之に關し種々の實驗を行つたが其主要なる結果は次の通りである。

1. 芽及びすべての枝を除去すると軸の肥大成長は停止するが、基部にのみ僅少の成長をなすものがある。
2. 頂芽を残しすべての枝を除くと頂芽の直下の附近にのみ肥大成長が繼續する。
3. 芽のすべてを除去すると頂部にて肥大成長減少し、基部に向つて大となる。
4. 樹冠の片側の枝を除くと幹全體に亙り肥大成長もまた半減するが、特に下方に影響が著しい。
5. 力枝より下位にある陰の枝は之を除去しても幹の肥大成長に殆んど影響しないが、夫より上の枝を除くと枝を除去した部分より下へ急に成長量を減ずる。但し其減退の程度は除かれた枝又は葉の量に正しく比例するわけではなく、上位にある枝の除去程影響の程度が著しい。
6. 樹冠の中部の枝を除けば、特に枝を除いた部分の肥大成長を減じる。
7. 樹冠の上部を除けば幹全體の肥大成長に影響するが特に頂部に減退の程度が著しい。
8. 輪截を施すと肥大成長は其直上部にて著しく大となり、直下部にて減ずるから、結局成長層は向基的に廣くなる。
9. 急に疎立狀態となつた樹木では肥大成長は基部に向つて大となる。此傾向は特に優勢な樹木にて顯著に見られる。

此様な肥大成長の縦斷的な偏りを生ずる理由に關し從來皮壓説、營養説、機械的刺戟説、水分通導説、成長素説等とも呼ぶべき諸種の學説が出されているが夫々難點がある。成長の要因として近時明かにされてきた成長素の作用と、組織の新生に要する構成物質の補給の難易によつて之を考える時は上記の諸種の場合を通じて略々説明し得るものの様である。一般に肥大成長は基部に向つて大となる傾向があるが、之は成長素が常に向基的に移動し、基部に向つて集積するからであると考えられ、又頂部の芽の伸長に應じて肥大成長は頂部にも大ならんとする傾向をとるが、之は成長素の形成が主として頂部の芽又は新葉に形成され、しかも頂部の軸の形成層輪は小であるため此部分の形成層に對し比較的豊富の成長素が作用するからであると思われる。併し成長は成長素の刺戟のみによつて起るものではなく構成物質の供給を必要とする。樹冠がよく發達して同化物質の生産が十分である時は各部の成長に對する要求を充たす事が出来るが、庇陰にあつて樹冠の發達の不良な

時は同化物質が缺乏し、しかも其轉流は距離の大なるに従て困難となるから如何に成長素の刺戟があつても各部の成長は達せられない。従て成長の分配は成長素の分布と構成物質の補給とによつて支配されると言う事になる。

此様な考えを確かめるためには實際の成長素の分布状態を明かにしなければならないが、樹木に就て此方面の研究は未だ十分でない。二三筆者がマツに就て測定せるところによつて、成長素は主軸の頂芽に最も多く生産される事、樹冠の下部の枝は上部の枝よりも少い事、特に伸長成長の衰えた陰にある下枝にて少く、其基部には全く成長素が見出されない事、枝を除去すると幹の成長素の減少が現れる事、根には地上部に比べて成長素に乏しい事等が知られている。

引 用 文 献

- 1) Avery, G. S., Jr. P. R. Burkholder and H. B. Creighton (1937) *Am. J. Bot.* 24 : 226
- 2) Brown, H. P. (1912) *Bot. Gaz.* 54 : 386.
- 3) Burns, G. P. (1920) *Vermont Agr. Exp. Stat. Bull.* No. 219.
- 4) Büsgen, M. und Münch, E. (1927) "Bau und Leben unserer Waldbäume." 3. Aufl. Jena.
- 5) Curtis, J. D. (1946) *J. Fore.* 44 : 502.
- 6) Dawns, A. A. (1944) *J. Fore.* 42 : 598.
- 7) Engler, A. (1918) "Tropismen und exzentrisches Dickenwachstum der Bäume." Zürich.
- 8) Frankhauser, F. (1912) *Schweiz. Zeitschr. f. Forstwesen.* 63 : 329.
- 9) Hartig, R. (1869) *Zeitschr. f. Forst u. Jagdwesen.* 1 : 471.
- 10) ——— (1871) " " " " . 3 : 66.
- 11) ——— (1872) " " " " . 4 : 240.
- 12) ——— (1885) "Das Holz der deutschen Nadelwaldbäume." Berlin.
- 13) ——— (1888) *Allg. Forst u. Jagdzeit.* 64 : 1.
- 14) ——— (1896) *Forstl.-naturwiss. Zeitschr.* 5 : 59.
- 15) ——— (1898) " " " " . 7 : 73.
- 16) ——— (1901) "Holzuntersuchungen Altes und Neues." Berlin.
- 17) ——— und R. Weber (1888) "Das Holz der Rotbuche." Berlin.
- 18) Hartig, Th. (1856) *Allg. Forst u. Jagdzeit.* NF. 22 : 361.
- 19) ——— (1858) *Bot. Zeit.* 16 : 337.
- 20) ——— (1862) " " " " . 20 : 73.
- 21) ——— (1878) "Anatomie und Physiologie der Holzpflanzen." Berlin.
- 22) Helmers, A. E. (1946) *J. Fore.* 44 : 673.
- 23) Heling, H. (1932) *Forstarchiv*, 8 : 369.
- 24) Hohenadl, W. (1924) *Forstwiss. Cbl.* 46 : 460.
- 25) 北海道廳林業試験場 (1927) 林業試験報告 11 : 27.
- 26) 石 部 修 (1937) 生態學研究 3 : 95.
- 27) Jaccard, P. (1915) *Naturwiss. Zeitschr. f. Forst- u. Landwirt.* 13 : 321.
- 28) Jacobs, M. R. (1939) *Commonwealth forest. Bureau. Bull.* No. 26. Canberra.

- 29) Jost, L. (1893) Bot. Zeit. 51 : 89.
- 30) Kienitz, M. (1928) Forst. Wochenschr. Silva. 16 : 393.
- 31) Kunze, M. (1875) Tharandt. Forst. Jbuch. 25 : 97.
- 32) Leon, A. (1915) Cbl. f. d. gesamt Forstwesen. 41 : 254.
- 33) MacDaugal, D. T. (1938) "Tree Growth." Leiden. Holland.
- 34) Metzger, K. (1908) Naturwiss. Zeitschr. f. Forst- u. Landwirt. 6 : 249.
- 35) Mirov, N. H. (1941) J. Fore. 39 : 457.
- 36) von Mohl, H. (1869) Bot. Zeit. 27 : 1.
- 37) Münch, E. (1930) "Stoffbewegungen in der Pflanze." Jena.
- 38) ——— (1937A) Ber. d. deutsch. Bot. Gesel. 60 : 109.
- 39) ——— (1937B) Forstwiss. Cbl. 59 : 305.
- 40) ——— (1938) Jb. f. wiss. Bot. 86 : 581.
- 41) Nördlinger, H. (1860) "Die technische Eigenschaften der Hölzer." Stuttgart.
- 42) ——— (1861) Kritische Blätter f. Forst u. Jagdwiss. 43 • 2 : 239.
- 43) ——— (1864) " " " " . 46 • 2 : 73.
- 44) ——— (1868) " " " " . 50 • 2 : 171.
- 45) ——— (1870) " " " " . 52 • 1 : 80.
- 46) ——— (1871) "Der Holzring als grundlage des Baumkörpers." Stuttgart.
- 47) ——— (1874) "Deutsche Forstbotanik." Bd. I. Stuttgart.
- 48) 沼田 大學 (1936) 動物及び植物. 4 : 47.
- 49) 大 平 隆 (1937) 朝鮮總督府林業試驗時報. No. 17.
- 50) 尾 中 文 彦 (1940) 昭和16年日本林學會講演集 : 47.
- 51) ——— (1940) 日本林學會誌. 24 : 341.
- 52) ——— (1950) 京都大學演習林報告. 18 :
- 53) Paul, B. H. (1939) J. Fore. 44 : 499.
- 54) Pfeffer, W. (1897) "Pflanzenphysiologie." 2. Aufl. Bd. I. Leipzig.
- 55) Pressler, M. R. (1865) "Gesetz der Stammbildung." Leipzig.
- 56) Priestley, J. H. (1930) New Phyto. 29 : 316.
- 57) Schwarz, F. (1899) "Dickenwachstum und Holzqualität von Pinus silvestris." Berlin.
- 58) Snow, R. (1933) New phyto. 32 : 288.

- 59) Söding, H. (1936) Ber. d. deutsch. Bot. Gesel. 54 : 291.
- 60) ————— (1937) Jbuch wiss. Bot. 84 : 639.
- 61) Swarblick (1926) J. Pomol. and Hort. Sci. 6 : 137.
- 62) 富満道義 (1939) 昭14年日本林學會講演集 : 270.
- 63) Topcuoglu, A. (1940) Tharandt. Forstl. Jahrbuch. 91 : 485.
- 64) Wech, H. (1938) Forstarchiv. 14 : 293.
- 65) Wieler, A. (1897) Tharand. Forstl. Jahrbuch. 47 : 172.
- 66) Wigand, A. (1854) "Der Baum." Braunschweig.
- 67) Zimmermann, W. A. (1936) Zeitschr. Bot. 30 : 209.

Résumé

The breadth of the annual ring is not always equal in all parts of the tree. Even in a stem it varies considerably at different levels. Such things are by no means new, but the reason is not yet fully explained. The studies described in the present paper have been carried on with experimental work on this problem.

The general tendencies in the vertical distribution of wood increments measured on a vast number of coniferous trees are as follows:

1. Inside the crown, the annual ring breadth of the stem increases from the apex to the densely foliated part of the crown with each branching, and then, downwards, it is almost equal or decreases slightly.

2. In the branchless portion the growth distribution takes different ways according to the condition of the crown: In trees whose crown developed in full daylight and occupied the large part of the stem the ring breadth rather steadily increases to the base. In trees with those crown which developed in suppressed state and limited to the uppermost small part of the stem the ring breadth diminishes downwards, till scarcely measurable in the extreme case. In trees with the crown of medium size the ring breadth is almost the same or gradually falls off downwards to some height, which varies individually and yearly. From this point it turns again to increase to the ground level.

3. In most trees, besides suppressed ones with the small shaded crown, the abrupt increase of ring breadth is seen at the basal part of the stem.

4. The distribution of ring area takes the similar trend as ring breadth, but there is no strict parallelism between them, since the circumference of the stem becomes greater from the top downwards with different rates. Generally speaking, The maximum point of ring area in the crown is seen at somewhat lower level than that of ring breadth and the minimum point of ring area below the living crown appear at far higher level than that of ring breadth.

As said above, the longitudinal distribution of radial growth was affected by the form of the crown; so it will be expected that the deformation of the crown also influences the growth distribution in the stem. The experiments were made to determine this relation. The main results are described below:

1. The removal of terminal buds and all of the side branches stopped the radial growth of all parts of the stem without basal portion, in which frequently a few new wood elements occurred after the operation.

2. When all branches were pruned leaving the terminal, the radial growth of the stem continued merely at the parts below the terminal and near the base for some time.

3. The excision of all buds was followed by the retarded growth, especially at the upper portion of the stem.

4. The removal of branches at one side of the crown reduced about half the growth of the stem throughout its length.

5. The removal of branches below the widest and densest part of the crown showed

almost no effect upon the growth of the stem; while the pruning above such point was followed by the reduction in radial growth below the pruned part.

6. Topping, the removal of upper part of the crown, resulted in the relatively severe fall of the growth in upper level, considering the amount of lost branches.

7. In the case of girdling, the radial growth conspicuously increased immediately above the girdle and dropped beneath it. Consequently, the wood increment inclined basipetally in both upper and lower portions of the girdled zone.

8. When trees grown in a close stand were brought in open condition the radial growth remarkably increased, especially towards the base.

To explain such phenomena a number of hypothesis have been presented by various investigators. For example, the difference in the bark pressure, the distribution of food substances, the difference in the duration of growth period, the longitudinal pressure- and tension- stimulus, the requirement for water conduction, the effect of growth hormones, the supply of soil nutrients and others were counted as the factor which determines growth rate. Among other things, the effect of growth hormone seems to be most meaningful.

In the vertical distribution of growth, there are two principal tendencies: one is to grow basipetally, and the other to inverse direction. It may be considered that the former is due to the downward movement of auxin and its accumulation at the basal part, and the latter to the relative richness of auxin in the neighbourhood of the terminal which regarded as the main source of it. But, our present knowledge of the auxin distribution in trees is not yet enough to make sure of this. From some observations in pine the following facts were known:

- a. The largest amount of auxin was detected in the terminal among all the buds in the same tree.
- b. The auxin content, indicated by the amount to cambial ring, was larger in the stem than in the branches at corresponding annual shoot.
- c. Upper branches in the crown contained relatively larger amount of auxin than lower branches.
- d. In the basal part of suppressed lower branches auxin diminished till it disappeared.
- e. The removal of branches was followed by the reduction of auxin content of the stem below the part of pruning.

At any rate, it must be remembered that cambial growth is controlled not only by auxin but by food substances too. If the food to build new cells failed to supply, growth could not take place at all the parts, however stimulated by auxin; therefore, it may be concluded that the distribution of growth follows, first, the grade of auxin stimulation, and next, the amount of food supply. Moreover, there is some evidence assumed as cambial stimulus, such as the mechanical action of wind, but this will be thought as rather indirect factor, which supposedly affects the movement of food substances or other processes.